

15.567/H/02



TUGAS AKHIR

(KP 1701)

ANALISA BANGUNAN LAUT AN PROGRAM METODE ELEMEN HINGGA STRUKTUR FRAME 3 DIMENSI



RSPo
627.98

Nor

21-1
2001

OLEH :

ISKANDAR NORMAN

NRP. 4195 100 005

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA BANGUNAN LAUT DENGAN PROGRAM ELEMEN HINGGA STRUKTUR FRAME 3 DIMENSI

TUGAS AKHIR (KP 1701)

**Diajukan guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh
gelar sarjana Teknik Perkapalan**

pada

**Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Surabaya, Januari 2001

Mengetahui dan menyetujui

LEMBAR PENGESAHAN REVISI

ANALISA BANGUNAN LAUT DENGAN PROGRAM ELEMEN HINGGA STRUKTUR FRAME 3 DIMENSI

TUGAS AKHIR (KP 1701)

Surabaya, Januari 2001

Mengetahui dan menyetujui

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER (ITS)

ABSTRAK

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

Sarjana Teknik (S1)

ANALISA BANGUNAN LAUT
DENGAN PROGRAM METODE ELEMEN HINGGA
STRUKTUR FRAME 3 DIMENSI

Oleh : Iskandar Norman Nrp.4195 100 005
Dosen Pembimbing : 1. Ir. P. Eko Panunggal, Ph.D.
2. Ir. Budie Santosa, MT.

gunaan aplikasi komputer pada perhitungan kekuatan suatu struktur dengan tuk yang komplek akan sangat membantu. Berikut adalah program aplikasi g menetrapkan metode elemen hingga untuk elemen frame 3 dimensi. gram aplikasi ini disusun dengan kompiler *Borland Delphi 5.0* dengan yaranan minimum *hardware* yang disarankan adalah *processor* Pentium II 400 z dan ram 32 Mb.

ancangan struktur bangunan laut tipe *jacket* akan sangat cocok untuk likasikan pada program ini. Program aplikasi sekaligus juga dapat meng- ng beban-beban lingkungan seperti beban gelombang, beban arus dan beban n. Dan selanjutnya akan dilakukan pemeriksaan yang antara lain adalah eriksaan tegangan *cylindrical member*, perhitungan *buckling*, *hoopstress* at tekanan hidrostatik, dan *punching shear* berdasarkan persyaratan dari *API 2A) – Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing d Offshore Platforms, 1993*.

l aplikasi program dan analisa menunjukkan bahwa untuk struktur yang telah itukan dan dengan beban yang dialaminya, struktur telah memenuhi yaranan dari API. Namun demikian, *rasio tegangan (Sr)* yang melamnnani

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY (ITS)

ABSTRACT

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

DEPARTEMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING

Degree in Engineering (S1)

OFFSHORE STRUCTURAL ANALYSIS
WITH FINITE ELEMENT METHOD PROGRAM
OF 3-D FRAME STRUCTURE

By : Iskandar Norman Nrp.4195 100 005
Supervisors : 1. Ir. P. Eko Panunggal, Ph.D.
2. Ir. Budie Santosa, MT.

The use of application program in strength calculation of a complex structure have been universally accepted. In this final assignment, an application program that apply Finite Element Method for 3-D frame element has been developed. This application program is developed using *Borland Delphi 5.0* compiler that the minimum *hardware* requirement is Pentium II 400 MHz *processor* with 32 Mb RAM.

The design of *jacket* type offshore structures will be very much aided by this application program. The program also calculate the *environmental loadings* such as wave, current and wind forces. Then, the structure will be checked for cylindrical member stress, buckling calculation, hoopstress of hydrostatic pressure and punching shear based on the requirement of *API (RP2A) – Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms*, 1993.

The result of an analysis of an offshore structure using this program shows that for particular structure with top load, weight of structure and wave, current and wind load has been fulfilled the requirement of *API*. The value of *stress ratio (Sr)* above

Kata Pengantar

Tiada kata selain puji syukur kehadiran **Allah, pemilik segalanya**, atas selesainya Tugas Akhir yang berjudul *Analisa Bangunan Laut dengan program Metode Elemen Hingga Struktur Frame 3 Dimensi*. **Inna lillahi wa inna hi rojiun.**

Sebagai manusia yang mempunyai fitrah yang penuh dengan keterbatasan dan kekurangan, maka penulis dengan kerendahan hati memohon maaf sebesar-besarnya atas kekurangsempurnaan dari tugas akhir ini. Besar harapan agar penulis diberikan suatu umpan balik berupa kritik dan saran untuk menuju ke arah yang lebih baik.

Akhir kata penulis berharap, tugas akhir yang sangat sederhana ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Amin.

Ucapan Terima Kasih

ikut adalah sebagian kecil dari keseluruhan, pihak-pihak yang banyak membantu, memberi bimbingan, dorongan dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini :

1. Kedua orang tuaku tercinta, Norman Zamzami dan Rochayah Norman
2. Ir. P. Eko Panunggal, Ph.D., selaku dosen pembimbing
3. Ir. Budie Santosa, MT., selaku dosen pembimbing
4. Digul Siswanto, MSc., selaku dosen wali
5. Seluruh staf dan pengajar di lingkungan FT. Kelautan Jurusan Teknik Perkapalan ITS Surabaya
6. Kakak-kakakku tercinta
7. Dewi Nefina, yang selalu jauh di mata dekat di hati
8. Teman-temanku serumah, Sriyadi, Mohan, Gufron dan Nasir
9. Cheerleader Smadabaya pimpinan ibu Evy Lestari
10. Purwito, ST. dan Budi Susilo, ST atas bimbingan programmingnya
11. Komunitas 95 – Segawon
12. Bangsa dan negara tercinta, yang memberi kesempatan untuk belajar di kampus terbaik di Indonesia, ITS-Surabaya

Daftar Isi

Strak	ii
ta Pengantar	iv
apan Terima Kasih	v
ftar Isi	vi
ftar Gambar	viii
ftar Tabel	ix
ftar Notasi	xi

B I	PENDAHULUAN	I - 1
	1.1. Latar Belakang	1 - 1
	1.2. Tujuan Penulisan	1 - 2
	1.3. Perumusan Masalah	1 - 2
	1.4. Batasan Masalah	1 - 3
	1.5. Tahapan Pekerjaan	1 - 3
B II	DASAR TEORI	II - 1
	2.1. Metode Elemen Hingga	II - 1
	2.1.1. Matriks Kekakuan Elemen Rangka	II - 2
	2.1.2. Matriks Transformasi	II - 5
	2.1.3. Matrik Kekakuan Global	II - 8

2.3.3. Beban Angin	II - 26
2.3.4. Beban Arus	II - 28
B III PERANCANGAN dan PEMBUATAN PERANGKAT LUNAK	III - 1
3.1. Proyek Aplikasi	III - 3
3.2. Program Utama	III - 3
3.3. Aplikasi Perhitungan Elemen Hingga – Pre Processing	III - 4
3.4. Aplikasi Perhitungan/Pengecekan API – Processing	III - 11
3.5. Aplikasi Perhitungan Beban Lingkungan – Pre-Processing	III - 16
B IV VALIDASI PROGRAM	IV - 1
B V APLIKASI PROGRAM dan ANALISA	V - 1
B VI KESIMPULAN dan SARAN	VI - 1

tar Pustaka

mpiran

- Lampiran 1 : Validasi-validasi program Aplikasi
- Lampiran 2 : Manual Aplikasi
- Lampiran 3 : Listing Program

Daftar Gambar

Gambar 2.1	Pasangan gaya / momen dengan displacement	II - 2
Gambar 2.2	Reference point	II - 6
Gambar 2.3	Hubungan chord dan brace	II - 17
Gambar 2.4	Grafik berat kering geladak	II - 21
Gambar 2.5	Grafik luas geladak	II - 21
Gambar 2.6	Batas kecocokan beberapa teori gelombang	II - 22
Gambar 2.7	Koordinat polar untuk silinder	II - 25
Gambar 3.1	Struktur program	III - 2
Gambar 3.2	Diagram proses struktur program keseluruhan	III - 2
Gambar 3.3	Diagram proses tahap Pre-Processing – beban gelombang	III - 5
Gambar 3.4	Diagram proses tahap Pre-Processing – beban angin	III - 7
Gambar 3.5	Diagram proses tahap Pre-Processing – beban arus	III - 9
Gambar 3.6	Diagram proses tahap Processing	III - 12
Gambar 3.7	Diagram proses tahap Post-Processing	III - 17
Gambar 4.1	Pengecekan struktur ruang	IV - 1
Gambar 4.2	Pengecekan tegangan akibat bending moment	IV - 5
Gambar 4.3	Pengecekan teg. akibat gaya aksial dan momen puntir	IV - 7
Gambar 4.4	Pengecekan tegangan akibat gaya tegak lurus elemen	IV - 9
Gambar 4.5	Pengecekan beban lingkungan struktur bangunan laut	IV - 11
Gambar 4.6	Pengecekan tahap post-processing pada struktur bangunan laut sederhana	IV - 15
Gambar 5.1	Struktur jacket dengan pembagian node dan elemen	V - 1

Daftar Tabel

bel 2.1	Matriks kekauan global	II - 9
bel 2.2	Penentuan harga faktor Q_q	II - 18
bel 2.3	Harga koefisien bentuk C_s	II - 27
bel 4.1	Hasil perjitungan Validasi 1	IV - 2
bel 4.2	Hasil perjitungan Validasi 1 dengan program	IV - 3
bel 4.3	Hasil perjitungan Validasi 2a dengan program	IV - 5
bel 4.4	Hasil perjitungan Validasi 2b dengan program	IV - 6
bel 4.5	Hasil perjitungan Validasi 3a dengan program	IV - 7
bel 4.6	Hasil perjitungan Validasi 3b dengan program	IV - 8
bel 4.7	Hasil perjitungan Validasi 4a dengan program	IV - 9
bel 4.8	Hasil perjitungan Validasi 4b dengan program	IV - 10
bel 4.9	Hasil perhitungan beban gelombang	IV - 12
bel 4.10	Hasil perhitungan beban gelombang dengan program	IV - 12
bel 4.11	Hasil perhitungan beban arus	IV - 13
bel 4.12	Hasil perhitungan beban arus dengan program	IV - 13
bel 4.13	Hasil perhitungan beban angin	IV - 13
bel 4.14	Hasil perhitungan beban angin dengan program	IV - 14
bel 4.15	Tegangan pada elemen front-plane	IV - 16
bel 4.16	Pengecekan 1 untuk validasi 6	IV - 16
bel 4.17	Pengecekan 2 untuk validasi 6	IV - 17
bel 4.18	Pengecekan 3 untuk validasi 6	IV - 17
bel 4.19	Pengecekan 4 untuk validasi 6	IV - 17

bel 5.6	Pengecekan 1 pada struktur	V - 15
bel 5.7	Pengecekan 2 pada struktur	V - 17
bel 5.8	Pengecekan 3 pada struktur	V - 19
bel 5.9	Pengecekan 4 pada struktur	V - 20
bel 5.10	Rasio tegangan 1	V - 22
bel 5.11	Rasio tegangan 2	V - 24
bel 5.12	Rasio tegangan 3	V - 26
bel 5.13	Rasio tegangan gabungan	V - 27

Daftar Notasi

Metode Elemen Hingga

v, w	<i>displacement</i> arah sumbu x, y dan z
$\theta_x, \theta_y, \theta_z$	<i>displacement</i> sudut pada sumbu x, y dan z
F_x, F_y, F_z	gaya-gaya yang bekerja arah sumbu x, y dan z
M_x, M_y, M_z	moment yang bekerja pada sumbu x, y dan z
$[N]$	matriks <i>shape function</i>
$[K]$	matriks kekakuan sumbu global
$[U]$	matriks <i>displacement</i> sumbu global
$[F]$	matriks beban sumbu global
$[T]$	matriks transformasi
$[r]$	matriks beban dan matriks beban setelah ditransformasikan
$[F_p]$	matriks beban gaya terpusat
$[F_m]$	matriks beban merata
E	modulus elastisitas
A	luas penampang
L	panjang elemen
I_z	momen inersia penampang sumbu y dan z
J_p	moment inersia polar penampang
P	gaya ujung akibat gaya aksial
T	gaya ujung akibat gaya tegak lurus elemen
M	momen ujung akibat puntir
σ	tegangan normal

h	kedalaman perairan
d	diameter pipa
k	<i>wave number</i>
ρ	massa jenis air
g	percepatan gravitasi
u, v	kecepatan horisontal dan vertikal partikel fluida
a_x, a_y	percepatan horisontal dan vertikal partikel fluida
u_n, v_n, w_n	komponen kecepatan air / angin normal arah x, y dan z
a_{nx}, a_{ny}, a_{nz}	komponen percepatan air / angin normal arah x, y dan z
F_x, F_y, F_z	gaya terpusat arah sumbu x, y dan z
f_x, f_y, f_z	gaya terpusat arah sumbu x, y dan z

BAB I

PENDAHULUAN

1. LATAR BELAKANG

Kekuatan suatu struktur sangatlah diperlukan untuk diketahui pada tahap perencanaan. Salah satu hal utama dalam penilaian kekuatan adalah *tegangan* yang akan dialami oleh elemen penyusun struktur pada saat gaya-gaya luar (*external force*), *body force* dan gaya-gaya lain bekerja pada suatu struktur tersebut.

Bangunan laut, seperti halnya pada struktur-struktur lainnya, memerlukan pemeriksaan kekuatannya pada tahap perencanaan. Lebih lanjut pemeriksaan tersebut berdasarkan standar yang berlaku yaitu berdasar *API RP 2A – Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms*. Secara umum persyaratan-persyaratan menurut *API RP 2A* adalah sebagai berikut :

- a. Tegangan *cylindrical member* tidak boleh melampaui *critical stress* untuk *tension, compression, bending* dan *shear*
- b. *Hoop stress* untuk tekanan hidrostatik tidak boleh melampaui *critical hoop buckling stress* dibagi *factor keamanan*

asik sebelumnya, merupakan suatu *metode numerik*, sehingga metode ini sangatlah cocok untuk diterapkan dengan bantuan komputer.

Telah banyak program aplikasi analisa struktur yang dikomersilkan, tetapi sulit untuk dikembangkan. Arah perkembangan rekayasa struktur bukan lagi pada programan metode elemen hingga saja tetapi pada kemudahan-kemudahan yang bisa diberikan oleh suatu program untuk membantu seorang perencana memasukkan data struktur (*pre-processing*) dan menganalisa hasil (*post processing*).

2. TUJUAN PENULISAN

Tujuan penulisan adalah sebagai berikut :

1. Mengaplikasikan *metode elemen hingga elemen frame 3 dimensi* untuk menganalisa struktur bangunan laut
2. Melakukan pengecekan terhadap persyaratan yang ditentukan *API RP 2A*
3. Dapat memiliki program analisa struktur dimana *source* dari program tersebut dapat dimodifikasi baik untuk penambahan elemen baru, memasukkan rumus-rumus terbaru (rumus dari rules) ataupun modifikasi untuk keperluan khusus tertentu lainnya.

1.4. BATASAN MASALAH

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini kami membatasi masalah dengan hal-hal sebagai berikut :

- a. Struktur yang dianalisa adalah *struktur rangka* dimana elemen-elemen penyusunnya adalah elemen tarik-tekan, bending dan torsi, *elemen truss-beam / frame 3 dimensi*
- b. Jenis struktur yang dianalisa adalah *jacket* kaki empat dengan konfigurasi *bracing* adalah rusuk diagonal K, T dan Y.
- c. Material yang digunakan adalah baja homogen dengan setiap elemen struktur berpenampang konstan
- d. Analisa yang dipakai hanya pada analisa statis
- e. Beban yang bekerja pada struktur bangunan laut adalah beban akibat gelombang, beban akibat arus dan beban akibat angin.

1.5. TAHAPAN PEKERJAAN

Tahapan pekerjaan yang dipakai dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Studi literature *dasar teori* dan *aplikasi metode elemen hingga* untuk

BAB II

DASAR TEORI

1. METODE ELEMEN HINGGA

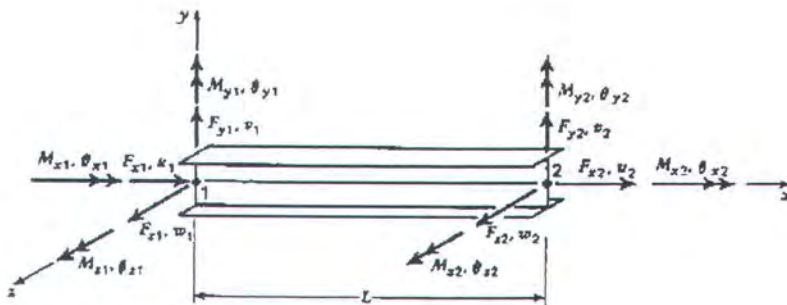
Model *metode elemen hingga* sebuah struktur merupakan gabungan dari bagian-bagian elemen hingga. Setiap elemen merupakan bentuk geometri sederhana sehingga mempermudah dalam menganalisa struktur. Pada dasarnya pendekatan ini merupakan penyelesaian *piecewise-continuous* sederhana. Elemen disebut *finite* atau *hingga* untuk membedakan dengan elemen-elemen diferensial yang digunakan dalam *calculus* [1].

Analisa elemen hingga dirangkum menjadi 7 tahapan. Tahap 1, 4 dan 5 harus diberikan atau dilakukan oleh perancang; dan untuk tahap-tahap yang lain merupakan proses dari metode ini. Tahapan tersebut antara lain :

1. Membagi struktur atau kontinum menjadi elemen-elemen hingga (*diskritisasi*)
2. Memformulasikan sifat-sifat dari setiap elemen
3. Menggabungkan elemen-elemen menjadi *model elemen hingga* dari struktur
4. Memberikan beban berupa *gaya* atau *momen*

1. Matriks Kekakuan Elemen Rangka

Disini kita mempertimbangkan suatu elemen yang memiliki 12 derajat kebebasan. Pada gambar 2.1 dapat dilihat gaya-gaya dan momen-momen yang bekerja pada sebuah *elemen frame (truss-beam)* 3 dimensi [2].



Gambar 2.1 Pasangan Gaya/Momen dengan displacement

Pada tiap-tiap gaya atau momen akan memiliki pasangan *displacement* sesuai dengan arah vektornya. Sebagai contoh adalah untuk gaya F_{x1} dan F_{x2} akan memiliki pasangan *displacement* u_1 dan u_2 ; atau momen puntir M_{x1} dan M_{x2} yang memiliki *displacement twist* θ_{x1} dan θ_{x2} pada elemen. Sehingga dapat dikatakan bahwa kita akan mempunyai 4 hal yang terpisah satu dengan yang lainnya. Empat hal itulah nantinya akan membentuk matriks kekakuan elemen 12×12 .

Empat hal tersebut adalah :

1. Bagian akibat gaya aksial

2. Bagian akibat torsi

Maka didapatkan *shape function* $[N] = \begin{bmatrix} \frac{L-s}{L} & \frac{s}{L} \end{bmatrix}$,

$$\text{dengan } [B] = \frac{d[N]}{ds} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{L} & \frac{1}{L} \end{bmatrix}$$

Matriks $[k]$ didapatkan dengan : $[k] = \int_0^L [B]^T \cdot E \cdot [B] \cdot A \, ds$

$$= \frac{EA}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

dimana : E = modulus Young

A = luas penampang batang

L = panjang elemen

Analisis Akibat Torsional

Dengan deret *Rayleigh-Ritz* : $\theta = a_1 + a_2 \cdot s$

Maka didapatkan *shape function* $[N] = \begin{bmatrix} \frac{L-s}{L} & \frac{s}{L} \end{bmatrix}$,

$$\text{dengan } [B] = \frac{d[N]}{ds} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{L} & \frac{1}{L} \end{bmatrix}$$

Matriks $[k]$ didapatkan dengan : $[k] = \int_0^L [B]^T \cdot G \cdot J \cdot [B] \, ds$

$$= \frac{GJ}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

dimana : $G = E / 2 \cdot (1 + \nu)$

J = inersia polar penampang

L = panjang penampang

Maka didapatkan *shape function*

$$[N] = \begin{bmatrix} 1 - \frac{3s^2}{L^2} + \frac{2s^3}{L^3} & s - \frac{2s^2}{L} + \frac{s^3}{L^2} & \frac{3s^2}{L^2} - \frac{2s^3}{L^3} & -\frac{s^2}{L} + \frac{s^3}{L^2} \end{bmatrix}$$

$$\text{dengan } [B] = \frac{d^2[N]}{ds^2} = \begin{bmatrix} -\frac{6}{L^2} + \frac{12s}{L^3} & -\frac{4}{L} + \frac{6s}{L^2} & \frac{6}{L^2} - \frac{12s}{L^3} & -\frac{2}{L} + \frac{6s}{L^2} \end{bmatrix}$$

Matriks $[k]$ didapatkan dengan : $[k] = \int_0^L [B]^T \cdot G \cdot J \cdot [B] ds$

$$= \frac{E \cdot I_z}{L} \begin{bmatrix} \frac{12}{L^2} & \frac{6}{L} & -\frac{12}{L^2} & \frac{6}{L} \\ \frac{6}{L} & 4 & -\frac{6}{L} & 2 \\ -\frac{12}{L^2} & -\frac{6}{L} & \frac{12}{L^2} & -\frac{6}{L} \\ \frac{6}{L} & 2 & -\frac{6}{L} & 4 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

dimana : E = modulus Young

I_z = inersia penampang

L = panjang penampang

Defleksi Beam terhadap sumbu y

Dengan deret *Rayleigh-Ritz* : $w = a_1 + a_2 \cdot s + a_3 \cdot s^2 + a_4 \cdot s^3$

$$\theta_y = \frac{dw}{ds} = a_2 + 2 \cdot a_3 \cdot s + 3 \cdot a_4 \cdot s^2$$

Maka didapatkan *shape function*

$$[N] = \begin{bmatrix} 1 - \frac{3s^2}{L^2} + \frac{2s^3}{L^3} & s - \frac{2s^2}{L} + \frac{s^3}{L^2} & \frac{3s^2}{L^2} - \frac{2s^3}{L^3} & -\frac{s^2}{L} + \frac{s^3}{L^2} \end{bmatrix}$$

$$= \frac{E.I_y}{L} \begin{bmatrix} \frac{12}{L^2} & \frac{6}{L} & -\frac{12}{L^2} & \frac{6}{L} \\ \frac{6}{L} & 4 & -\frac{6}{L} & 2 \\ -\frac{12}{L^2} & -\frac{6}{L} & \frac{12}{L^2} & -\frac{6}{L} \\ \frac{6}{L} & 2 & -\frac{6}{L} & 4 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

dimana : E = modulus Young

I_y = inersia penampang

L = panjang penampang

Dari persamaan (2.1), (2.2), (2.3) dan (2.4) maka kita akan dapat merang-

kan matriks kekakuan untuk 12 *derajat kebebasan*, yaitu :

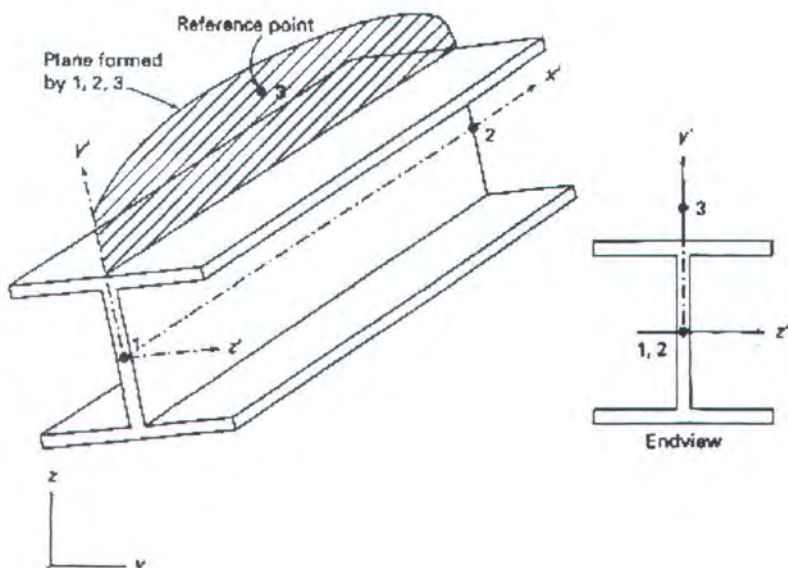
$$= \begin{bmatrix} k & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -k & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & ka & 0 & 0 & 0 & -kd & 0 & -ka & 0 & 0 & 0 & kb \\ 0 & 0 & kc & 0 & -kd & 0 & 0 & 0 & -kc & 0 & -kd & 0 \\ 0 & 0 & 0 & ke & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -ke & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -kd & 0 & kf & 0 & 0 & 0 & kd & 0 & kg & 0 \\ 0 & kb & 0 & 0 & 0 & kh & 0 & -kb & 0 & 0 & 0 & ki \\ -k & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & k & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -ka & 0 & 0 & 0 & -kb & 0 & ka & 0 & 0 & 0 & -kb \\ 0 & 0 & -kc & 0 & kd & 0 & 0 & 0 & kc & 0 & kd & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -ke & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & ke & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -kd & 0 & kg & 0 & 0 & 0 & kd & 0 & kf & 0 \\ 0 & kb & 0 & 0 & 0 & ki & 0 & -kb & 0 & 0 & 0 & kh \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

dimana : $k = \frac{E.A}{L}$ $ka = \frac{12.E.I_z}{L^3}$ $kb = \frac{6.E.I_z}{L^2}$

$kc = \frac{12.E.I_y}{L^3}$ $kd = \frac{12.E.I_y}{L^2}$ $ke = \frac{E.J}{2(1+\nu)L}$

Untuk *sumbu lokal* yang tidak berhimpit dengan *sumbu globalnya*, maka diperlukan suatu *matriks transformasi* yang memodifikasi matriks kekakuan demikian rupa sehingga arah dari sumbu-sumbu lokalnya didefinisikan ke sumbu global struktur. Pendefinisian tersebut mengakibatkan perubahan sifat dari matriks kekakuan elemen.

Untuk menentukan arah dari sumbu lokal sebuah elemen terhadap sumbu global struktur, diperlukan satu *titik acuan* (*reference point*) tambahan. *Titik acuan* ini diletakkan di sebarang titik di bidang datar dari sumbu y atau sumbu z lainnya. Lihat *gambar 2.2*. [3]



Matriks transformasi untuk elemen frame adalah sebagai berikut :

$$[T] = \begin{bmatrix} m & n & o \\ p & q & r \\ s & t & u \\ & m & n & o \\ & p & q & r \\ & s & t & u \\ & & m & n & o \\ & & p & q & r \\ & & s & t & u \\ & & & m & n & o \\ & & & p & q & r \\ & & & s & t & u \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

$$\text{dimana : } m = \frac{x_2 - x_1}{L} \quad (2.7)$$

$$n = \frac{y_2 - y_1}{L} \quad (2.8)$$

$$o = \frac{z_2 - z_1}{L} \quad (2.9)$$

$$\text{dituliskan sebagai : } V_{x'} = [m \quad n \quad o]^T \quad (2.10)$$

untuk Reference Point (x3,y3,z3) :

$$V_{13} = \begin{bmatrix} \frac{x_3 - x_1}{l_{13}} & \frac{y_3 - y_1}{l_{13}} & \frac{z_3 - z_1}{l_{13}} \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

$$l_{13} = \sqrt{(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2 + (z_3 - z_1)^2} \quad (2.12)$$

pada bidang XOY :

$$V_{z'} = [s \quad t \quad u]^T = \frac{V_{x'} \times V_{13}}{|V_{x'} \times V_{13}|} \quad \text{dan} \quad (2.13)$$

$$V_{y'} = [p \quad q \quad r]^T = V_{z'} \times V_{13} \quad (2.14)$$

3. Matriks Kekakuan Global

Perhitungan matriks kekakuan global menggunakan persamaan (2.5) dan (2.6). Persamaan (2.5) adalah persamaan untuk matriks kekakuan lokal dan persamaan (2.6) adalah persamaan dari matriks transformasi sehingga matriks kekakuan global didapatkan dengan :

$$[K]^* = [T]^T \cdot [K] \cdot [T] \quad (2.17)$$

sehingga akan didapatkan persamaan matriks kekakuan global seperti yang terlihat pada tabel 2.1.

dimana :

$$\begin{aligned} k &= \frac{E \cdot A}{L} & ka &= \frac{12 \cdot E \cdot Iz}{L^3} & kb &= \frac{6 \cdot E \cdot Iz}{L^2} \\ kc &= \frac{12 \cdot E \cdot Iy}{L^3} & kd &= \frac{12 \cdot E \cdot Iy}{L^3} & ke &= \frac{E \cdot J}{2(1 + \nu)L} \\ kf &= \frac{4 \cdot E \cdot Iy}{L} & kg &= \frac{2 \cdot E \cdot Iy}{L} & kh &= \frac{4 \cdot E \cdot Iz}{L} & ki &= \frac{2 \cdot E \cdot Iz}{L} \end{aligned}$$

dan m,n,o,p,q,r,s,t,u adalah dari persamaan (2.10), (2.13) dan (2.14)

suk_c	$ps(k_a-k_d)$	$-qsk_d+ptk_c$	$-rsk_d+puke$	$-m^2k-p^2k_a-s^2k_c$	$-mnk-pqk_a-stk_c$	$-nok-prk_a-suk_c$	$ps(k_b-k_d)$	$-qsk_d+ptk_b$	$-rsk_d+puke$	U_i
suk_d	$-ptk_c+qsk_b$	$qt(k_b-k_d)$	$-rtk_d+quke$	$-mnk-pqk_a-stk_c$	$-n^2k-q^2k_a-t^2k_c$	$-nok-qrk_a-tuk_c$	$-ptk_d+qsk_b$	$qt(k_b-k_d)$	$-rtk_d+quke$	V_i
s^2k_c	$-puke+rsk_b$	$-quke+rtk_b$	$ru(k_b-k_d)$	$-mok-prk_a-suk_c$	$-nok-qrk_a-tuk_c$	$-o^2k-r^2k_a-u^2k_c$	$-puke+rsk_b$	$-quke+rtk_b$	$ru(k_b-k_d)$	W_i
s_d	$m^2k_a+p^2k_b+s^2k_n$	$mnk_a+pqk_r+stk_n$	$mok_a+prk_r+suk_n$	$ps(k_d-k_b)$	$-qsk_b+ptk_c$	$-rsk_b+puke$	$-m^2k_a+p^2k_b+s^2k_i$	$-mnk_a+pqk_r+stk_i$	$-mok_a+prk_r+suk_i$	θx_i
s_d	$mnk_a+pqk_r+stk_n$	$n^2k_a+q^2k_r+t^2k_n$	$nok_a+qrk_r+tuk_n$	$-ptk_b+qsk_d$	$qt(k_c-k_b)$	$-rtk_b+quke$	$-mnk_a+pqk_r+stk_i$	$-n^2k_a+q^2k_r+t^2k_i$	$-nok_a+qrk_r+tuk_i$	θy_i
s_d	$mok_a+prk_r+suk_n$	$nok_a+qrk_r+tuk_n$	$o^2k_a+r^2k_r+u^2k_n$	$-puke+rsk_d$	$-quke+rtk_d$	$ru(k_d-k_b)$	$-mok_a+prk_r+suk_i$	$-nok_a+qrk_r+tuk_i$	$-o^2k_a+r^2k_r+u^2k_i$	θz_i
suk_c	$ps(k_a-k_b)$	qsk_d-ptk_b	rsk_c-puke	$m^2k+p^2k_a+s^2k_c$	$mnk+pqk_a+stk_c$	$mok+prk_a+suk_c$	$ps(k_b-k_d)$	qsk_d-ptk_b	rsk_c-puke	U_j
suk_c	ptk_d-qsk_b	$qt(k_d-k_b)$	rtk_d-quke	$mnk+pqk_a+stk_c$	$n^2k+q^2k_a+t^2k_c$	$nok+qrk_a+tuk_c$	ptk_d-qsk_b	$qt(k_d-k_b)$	rtk_d-quke	V_j
s^2k_c	$puke-rsk_b$	$quke-rtk_b$	$ru(k_d-k_b)$	$mok+prk_a+suk_c$	$nok+qrk_a+tuk_c$	$o^2k+r^2k_a+u^2k_c$	$puke-rsk_b$	$quke-rtk_b$	$ru(k_d-k_b)$	W_j
s_d	$-m^2k_a+p^2k_b+s^2k_i$	$-mnk_a+pqk_r+stk_i$	$-mok_a+prk_r+suk_i$	$ps(k_d-k_b)$	$-qsk_b+ptk_d$	$-rsk_b+puke$	$m^2k_a+p^2k_b+s^2k_n$	$mnk_a+pqk_r+stk_n$	$-mok_a+prk_r+suk_n$	θx_j
s_d	$-mnk_a+pqk_r+stk_i$	$-n^2k_a+q^2k_r+t^2k_i$	$-nok_a+qrk_r+tuk_i$	$-ptk_b+qsk_d$	$qt(k_c-k_b)$	$-rtk_b+quke$	$mnk_a+pqk_r+stk_n$	$n^2k_a+q^2k_r+t^2k_n$	$-nok_a+qrk_r+tuk_n$	θy_j
s_d	$-mok_a+prk_r+suk_i$	$-nok_a+qrk_r+tuk_i$	$-o^2k_a+r^2k_r+u^2k_i$	$-puke+rsk_d$	$-quke+rtk_d$	$ru(k_d-k_b)$	$mok_a+prk_r+suk_n$	$-nok_a+qrk_r+tuk_n$	$-o^2k_a+r^2k_r+u^2k_n$	θz_j

Tabel 2.1 Matriks Kekakuan Global

Pengindeksan posisi isian matriks dilakukan untuk proses penggabungan matriks kekakuan. Indeks posisi matriks adalah penomoran letak matrik kekakuan bal untuk tiap elemennya, berupa : $d_1 \ n_1 \ d_2 \ n_2$

dimana : d_1, d_2 = arah displacement

= 1 (untuk translasi dalam arah x)

= 2 (untuk translasi dalam arah y)

= 3 (untuk translasi dalam arah z)

= 4 (untuk rotasi dalam arah x)

= 5 (untuk rotasi dalam arah y)

= 6 (untuk rotasi dalam arah z)

n_1, n_2 = nomor-nomor simpul

Pada saat penggabungan (untuk keperluan pemrograman) maka indeks tersebut dirubah menurut array 2 dimensi $[i, j]$ dengan persamaan :

$$i = d_1 + (n_1 - 1) \cdot 6 \quad (2.18)$$

$$j = d_2 + (n_2 - 1) \cdot 6 \quad (2.19)$$

4. Beban

Beban dapat berupa gaya luar (*external force*), *body force* ataupun gaya-gaya lain yang bekerja pada struktur atau elemen.

Untuk gaya luar terpusat pada simpul dengan arah sumbu global, maka gaya-gaya tersebut mengisi matriks beban secara langsung ke posisi dimana

$$[r]^t = \begin{bmatrix} m & n & o \\ p & q & r \\ s & t & u \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} \quad (2.21)$$

$$[r]^* = [T] \cdot [r] \quad (2.22)$$

Selanjutnya adalah beban-beban yang berupa *gaya terpusat pada elemen* maupun *beban yang merata pada elemen*.

Untuk beban terpusat maka persamaan berikut akan digunakan :

$$[re] = [N]^T [P] \quad (2.23)$$

dimana : $[N]$ = shape function yang bersesuaian dengan gaya yang diberikan

$$= \begin{bmatrix} \frac{L-s}{L} & \frac{s}{L} \end{bmatrix}, \text{ untuk gaya pada arah sumbu x elemen}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 - \frac{3s^2}{L^2} + \frac{2s^3}{L^3} & s - \frac{2s^2}{L} + \frac{s^3}{L^2} & \frac{3s^2}{L^2} - \frac{2s^3}{L^3} & -\frac{s^2}{L} + \frac{s^3}{L^2} \end{bmatrix},$$

untuk gaya pada arah sumbu y dan sumbu z elemen

keterangan : - untuk gaya arah sumbu y elemen menghasilkan gaya de-

ngan arah sumbu y (P_y) dan moment (M_z) pada kedua ujung elemen tersebut

- untuk gaya arah sumbu z elemen menghasilkan gaya de-

ngan arah sumbu z (P_z) dan moment (M_y) pada kedua

dimana : $[N]$ = shape function yang bersesuaian dengan beban merata yang diberikan, seperti halnya pada beban terpusat di atas

$[\Phi]$ = persamaan beban merata arah sumbu x, y dan z

Secara umum persamaan-persamaan shape function dan beban (baik beban terpusat pada elemen ataupun beban merata pada elemen) dapat dituliskan :

- Bentuk umum dari persamaan beban :

$$c_a \cdot x^2 + c_b \cdot x + c_c \quad (2.25)$$

- Bentuk umum dari persamaan *shape function* $[N]$:

$$c_d \cdot x^3 + c_e \cdot x^2 + c_f \cdot x + c_g \quad (2.26)$$

- Sehingga integral persamaan (2.25) x persamaan (2.26) :

$$\begin{aligned} & \frac{c_a \cdot c_d}{6} x^6 + \frac{c_a \cdot c_e + c_b \cdot c_d}{5} x^5 + \frac{c_a \cdot c_f + c_b \cdot c_e + c_c \cdot c_d}{4} x^4 + \frac{c_a \cdot c_g + c_b \cdot c_f + c_c \cdot c_e}{3} x^3 + \\ & \frac{c_b \cdot c_g + c_c \cdot c_f}{2} x^2 + c_c \cdot c_g x \Big|_0^L \end{aligned} \quad (2.27)$$

Persamaan (2.22) selanjutnya dipergunakan untuk mendapatkan *beban-pindahan* bila beban merata pada elemen dan beban terpusat pada elemen dengan sumbu lokalnya yang tidak berhimpit pada sumbu global struktur.

5. Displacement

Sebelum dilakukan perhitungan *displacement* maka perlu untuk memasukkan *kondisi batas* pada matriks kekakuan $[K]$ dan matriks beban $[R]$. Hal ini selain

mengalami eliminasi. Sehingga matriks kekakuan berubah menjadi matriks *non-singular* dan dapat diselesaikan.

Penyelesaian persamaan aljabar linier dilakukan dengan eliminasi Gauss dan substitusi mundur. Persamaan matriks $[K][D] = [R]$ dapat diselesaikan dengan membuat matriks *augmented*, yaitu untuk matriks $[K]$ ditambah satu kolom matriks $[R]$. Hal ini dapat dituliskan :

$$\begin{bmatrix} k_{1,1} & k_{1,2} & k_{1,3} & r_1 \\ k_{2,1} & k_{2,2} & k_{2,3} & r_2 \\ k_{3,1} & k_{3,2} & k_{3,3} & r_3 \end{bmatrix}$$

berikut adalah kode pseudo eliminasi Gauss (*forward reduction phase*) [4] :

```

DoFor m = 1 to n-1
  DoFor i = m+1 to n
    faktor =  $k_{i,m} / k_{m,m}$ 
    DoFor j = m+1 to n
       $k_{i,j} = k_{i,j} - (faktor \cdot k_{m,j})$ 
    EndDo
     $r_i = r_i - (faktor \cdot r_m)$ 
  EndDo
EndDo

```

dan berikut adalah kode pseudo substitusi mundur (*back substitution phase*)

untuk menemukan *displacement* [4]:

```

 $d_n = r_n / k_{n,n}$ 
DoFor i = n-1 to 1 step -1
  jumlah = 0

```

1.6. Tegangan

Hasil perhitungan *displacement* dari adalah harga-harga *displacement* tiap simpul yang ada untuk sumbu global struktur. Untuk mencari tegangan, maka diperlukan *displacement* yang menunjukkan arah lokal dari masing-masing elemen.

Selanjutnya tegangan dihitung dengan mencari terlebih dahulu *gaya-gaya ujung elemen (member end forces)* sebagai berikut [3]:

$$R' = k' \cdot q' + \text{fixed end reactions} \quad (2.28)$$

dimana : k' = matriks kekakuan elemen (lokal)

q' = displacement lokal

Kemudian dari gaya-gaya ujung yang telah dapat ditentukan dari persamaan (2.22), selanjutnya tegangan dapat dicari dengan rumus-rumus mekanika teknik bawah ini [5] :

1. Tegangan aksial

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.29)$$

dimana : P = gaya ujung akibat gaya aksial

A = luas penampang elemen

$= 2\pi r t$ (untuk pipa)

2. Tegangan shear

$$\tau_{\text{maks}} = \frac{3 \cdot V}{2 \cdot A} \quad (2.30)$$

dimana : V = gaya ujung akibat gaya tegak lurus elemen

4. Tegangan akibat bending

$$\sigma = \frac{M.y}{I} \quad (2.32)$$

dimana : M = momen ujung akibat momen bending

y = jarak titik NA ke bagian yang ditinjau ; maks = $\frac{1}{2} h$

I = Inersia penampang

= $\pi r^3 t$ (untuk pipa)

PERSYARATAN KEKUATAN menurut API-RP 2A, 1993

Berikut adalah persyaratan yang diijinkan oleh API mengenai *tegangan maksimum (ijin)*. Hasil tegangan pada perhitungan di sub bab 2.1.6 tidak boleh lebih besar dari yang disyaratkan oleh API (lihat persamaan 2.29 – 2.32).

Tegangan ijin tersebut yaitu :

Tegangan Tarik Aksial (Axial Tension)

$$F_t = 0,6.F_y \quad (\text{MPa}) \quad F_y = \text{yield strength} \quad (2.33)$$

Tegangan Tekan Aksial (Axial Compression)

a. Column Buckling ($D/t \leq 60$) :

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2.C_c^2} \right] F_y}{5/3 + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c^3}} \quad \text{utk } kl/r < C_c \quad (2.34)$$

$$F_a = \frac{12 \pi^2 E}{23 (Kl/r)^2} \quad \text{utk } kl/r \geq C_c \quad (2.35)$$

$$\text{dimana : } C_c = \left[\frac{2 \pi^2 E}{F} \right]^{\frac{1}{2}}$$

dimana : C = critical elastic buckling coef.
 D = outside diameter, in. (m)
 t = wall thickness, in. (m)

- Inelastic Local Buckling Stress

$(60 < D/t < 300)$ dan $t \geq 6 \text{ mm}$

$$F_{xc} = F_y \cdot [1,64 - 0,23(D/t)^{1/4}] \quad (2.37)$$

Dimana harga-harga Elastic dan Inelastic Local Buckling Stress digunakan untuk mengganti harga Yield Strength dari persamaan Column Buckling

Tegangan Akibat Bending

$$F_b = 0,75 \cdot F_y \quad \text{utk } \left(\frac{D}{t} \leq \frac{10340}{F_y}, SI \right) \quad (2.38)$$

$$F_b = \left[0,84 - 1,74 \frac{F_y D}{Et} \right] F_y \quad \text{utk } \left(\frac{10340}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{20680}{F_y}, SI \right) \quad (2.39)$$

$$F_b = \left[0,72 - 0,58 \frac{F_y D}{Et} \right] F_y \quad \text{utk } \left(\frac{20680}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 300, SI \right) \quad (2.40)$$

Tegangan Shear

a. Tegangan akibat gaya geser

$$F_v = 0,4 \cdot F_y \quad (2.41)$$

b. Tegangan akibat moment puntir

$$F_v = 0,4 \cdot F_y \quad (2.42)$$

Hoop Stress

$$F_{hc} = 2 \cdot C_h \cdot E \cdot \frac{t}{D} \quad (2.43)$$

dimana : SF_h = Faktor keamanan = 2

dimana : p = tekanan hidrostatik

$$= \gamma \cdot Hz$$

$$Hz = z + \frac{Hw}{2} \left(\frac{\cosh[k(d-z)]}{\cosh kd} \right)$$

z = jarak elemen dari permukaan air

Hw = tinggi gelombang

k = wave number

d = kedalaman laut

Kombinasi tegangan tekan aksial dan bending

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_M \sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{(1 - f_a/F_a) \cdot F_b} \leq 1,0 \quad (2.45)$$

$$\frac{f_a}{0,6 \cdot F_y} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1,0 \quad (2.46)$$

$$\text{utk } \frac{f_a}{F_a} \leq 0,15 : \frac{f_a}{F_a} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1,0 \quad (2.47)$$

Tubular Joint

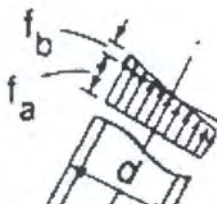
$$\frac{F_{yb} (\gamma \cdot \tau \cdot \sin \theta)}{F_{yc} (1 + 1,5 \beta)} < 1,0 \quad (2.48)$$

$$\text{dimana : } \tau = \frac{t}{T}$$

$$\beta = d/D$$

$$\gamma = D/2T$$

Lihat Gambar 2.3



Punching Shear

$$v_{pa} = Q_q \cdot Q_f \cdot \frac{F_{ye}}{0,6\gamma} \quad (2.49)$$

dimana: Q_q = Faktor dari tipe beban dan geometri (lihat tabel 2.1)

$$Q_f = 1,0 - \lambda \cdot \gamma \cdot A^2$$

$\lambda_e = 0,030$ utk brace axial stress

0,045 utk brace in-plane bending stress

0,021 utk brace out-of-plane bend. stress

$$\gamma = D / 2t$$

$$A = \frac{\sqrt{\bar{f}_{AX}^2 + \bar{f}_{IPB}^2 + \bar{f}_{OPB}^2}}{0,6 \cdot F_{ye}}$$

Yang terjadi :

$$v_p = \tau \cdot f \sin \theta \quad (2.50)$$

dimana: τ = Faktor geometri (lihat gambar 2.3)

f = Nominal axial, in-plane bending atau out-of plane bending
(masing-masing dihitung secara terpisah)

Tabel 2.2 Penentuan harga faktor Q_q [6]

$$Q_\beta = \frac{0,3}{\beta(1-0,833\beta)} \text{ for } \beta > 0,6$$

$$Q_\beta = 1,0 \text{ for } \beta \leq 0,6$$

$$Q_g = 1,8 - 0,1 \text{ g/T for } \gamma \leq 20$$

$$Q_g = 1,8 - 4 \text{ g/D for } \gamma > 20$$

Tetapi Q_g tidak boleh kurang dari 1,0

	Tipe Beban pada Brace			
	Axial Tension	Axial Compression	In-Plane Bending	Out of-Plane Bending
Overlap	1,8+(lihat 4.3.2)			
Gap	$(1,10+0,20/\beta) Q_g$			
T & Y	$(1,10+0,20/\beta)$			
			$(3,72+0,67/\beta)$	$(1,37+0,67/\beta) Q_\beta$

5. BANGUNAN LAUT

Syarat perancangan pada sebuah *bangunan laut* secara umum adalah sama dengan syarat yang dibutuhkan untuk perancangan struktur-struktur industri lainnya. Langkah pertama dalam perancangan adalah mengembangkan konsep dari struktur yang berdasar pada syarat fungsionalnya, batasan dari lingkungannya dan metode pembuatannya.

Fungsi dari struktur bangunan laut adalah bagaimana memberikan suatu lingkungan kerja yang aman. Bagaimana pula sebuah *platforms* secara struktur mampu untuk menerima dan mendukung baik dari segi operasional maupun beban-beban lingkungannya. Dan tinjauan di atas haruslah dapat dilihat dari segi praktis pembuatannya seperti halnya pada segi ekonomisnya.

Sebuah *offshore platform* konvensional terdiri dari tiga elemen utama. Tiga elemen utama tersebut adalah [7]:

1. *Deck structure*, adalah *platform* yang ditempatkan di atas *jacket*, bagian ini digunakan untuk menempatkan segala peralatan produksi dan tempat seluruh kegiatan eksploitasi atau tempat akomodasi
2. *Jacket*, adalah bagian konstruksi yang berupa pipa-pipa baja yang berawal dari *seafloor* sampai di atas *waterline*, bagian ini merupakan konstruksi penopang bangunan di atasnya

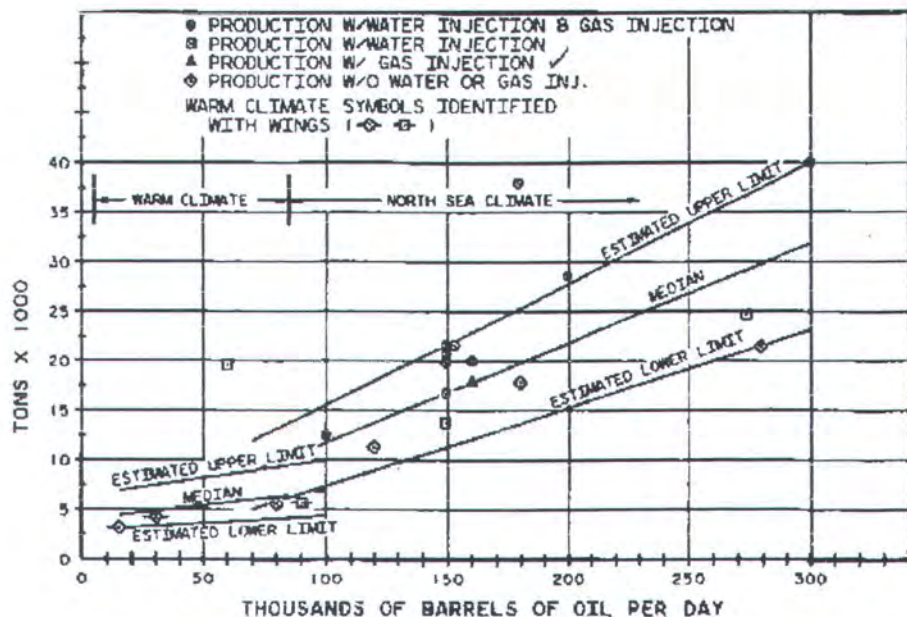
upa : *beban sendiri (berat konstruksi)*, dan *beban-beban lingkungan*. Pada sub-bab berikut akan dibahas beban-beban tersebut.

Untuk beban-beban lingkungan antara lain terdiri dari : *beban gelombang*, *beban angin* dan *beban arus*.

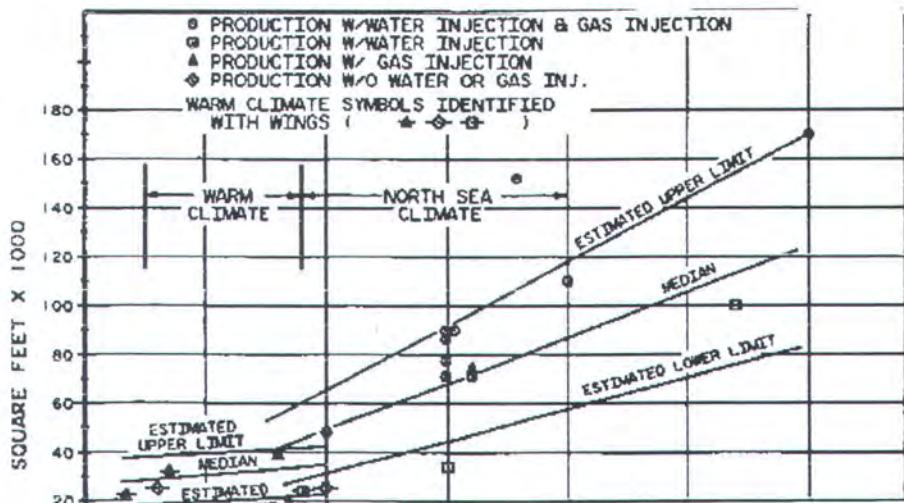
1. Estimasi Berat Peralatan Geladak

Beban gravitasi dapat dikategorikan menjadi 4 jenis yaitu [7]: *berat kering (dry weight)*, *berat operasional (operational weight)*, *berat peralatan angkat (lift weight)* dan *berat pengetesan (test weight)*. Berat kering adalah berat peralatan jika kosong yang dihitung berdasar data dari pabrik. Berat operasional adalah berat dari bahan-bahan yang dikonsumsi dan cairan yang terdapat dalam bejana pipa. Besarnya berat operasional yaitu 1,30 – 1,35 kali berat kering. Berat peralatan angkat adalah berat yang dapat diangkat oleh *derrick crane* dimana besarnya 5 – 8 % dari berat kering. Berat pengetesan adalah berat tambahan yang ditambahkan pada saat pengetesan dilakukan pada peralatan, bejana-bejana atau pipa pada anjungan.

Adapun estimasi untuk menentukan *berat kering* dan *luas geladak* dapat menggunakan grafik pada gambar 2.4 dan gambar 2.5 berikut [6] :



Gambar 2.4 Grafik Berat Kering Geladak



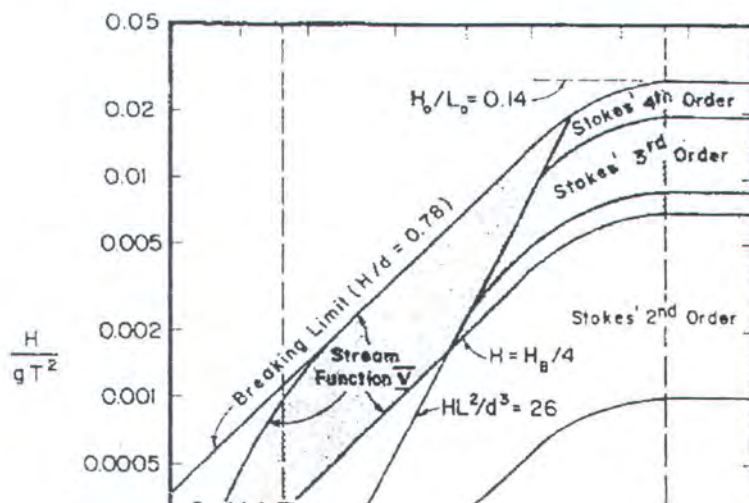
2. Beban Gelombang

Di dalam perhitungan gaya gelombang ini mengacu pada teori gelombang *Airy* (*Airy Wave Theory*). Teori gelombang ini sangat berguna dalam analisis proses perancangan. Teori ini didasarkan pada asumsi bahwa tinggi gelombang lebih kecil dibandingkan panjang gelombang (λ) dan kedalaman air (h).

Teori gelombang *Airy* mampu menggambarkan gerakan gelombang secara sederhana dimana bentuk gelombang berupa sinusoidal.

Teori Gelombang

Dalam perhitungan beban gelombang, maka teori gelombang yang digunakan disesuaikan dengan grafik validitas teori gelombang (Gambar 2.6) yang berdasarkan parameter H/gT^2 dan d/gT^2 [8].



Kemudian, berikut adalah persamaan-persamaan yang digunakan dalam teori gelombang.

cepatan vertikal dan horisontal partikel fluida :

$$u = \frac{\omega H \cosh ky}{2 \sinh kh} \cos(kx - \omega t) \quad (2.51)$$

$$v = \frac{\omega H \sinh ky}{2 \sinh kh} \sin(kx - \omega t) \quad (2.52)$$

percepatan vertikal dan horisontal partikel fluida :

$$\frac{du}{dt} = \frac{\omega^2 H \cosh ky}{2 \sinh kh} \sin(kx - \omega t) \quad (2.53)$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\omega^2 H \sinh ky}{2 \sinh kh} \cos(kx - \omega t) \quad (2.54)$$

profil vertikal permukaan gelombang :

$$\eta = \frac{H}{2} \cos(\omega t - kx) \quad (2.55)$$

Perhitungan Panjang Gelombang

Perhitungan panjang gelombang pada perairan tertentu secara teoritis dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut :

$$L_o = 2\pi / k \quad (2.56)$$

dimana harga k dicari dengan persamaan berikut dengan menggunakan iterasi sampai bagian sebelah kiri sama dengan bagian sebelah kanannya. Persamaan

Perhitungan Beban Gelombang

Beban akibat gelombang yang terjadi pada sebuah pipa silinder vertikal pertama kali diperhitungkan oleh Morison et al. Beban gelombang yang bekerja merupakan penjumlahan dari gaya-gaya yang timbul, yaitu *drag force* dan *inertia force*.

Selanjutnya, untuk menentukan beban gelombang, maka persamaan Morison akan digunakan.

terlaku untuk $D/L < 0,1$

$$f_d = \frac{1}{2} C_d \rho D |u| u \quad (2.59)$$

$$f_i = C_m \rho A \dot{u} \quad (2.60)$$

$$f = f_i + f_d = \frac{1}{2} C_d \rho D |u| u + C_m \rho A \dot{u} \quad (2.61)$$

dimana :

C_d = Koefisien drag

C_m = Koefisien inersia

ρ = Massa jenis air laut (kg/m^3)

D = Diameter silinder (m)

A = Luasan penampang (m^2)

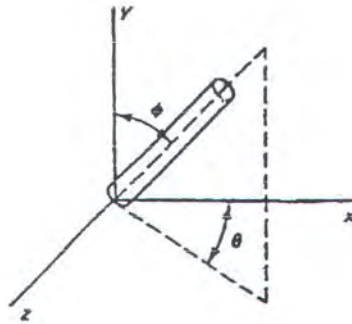
u = Kecepatan horisontal partikel fluida (m/dt)

\dot{u} = Percepatan horisontal partikel fluida (m/dt^2)

Gaya Gelombang di Sumbu Silinder Bebas

Aplikasi dari persamaan Morison untuk sumbu silinder yang bebas adalah

lombang mempunyai arah sesuai sumbu +x dan dari gerakan gelombang akan menghasilkan kecepatan horisontal dan vertikal (u dan v) serta percepatan horisontal dan vertikal (a_x dan a_y), persamaan-persamaan (2.51) – (2.54).



Gambar 2.7 Koordinat polar untuk silinder [6]

Dengan koordinat polar θ, ϕ yang mendefinisikan orientasi dari sumbu silinder maka besarnya kecepatan air normal v terhadap silinder adalah :

$$V = \left[u^2 + v^2 - (c_x u + c_y v)^2 \right]^{1/2} \quad (2.62)$$

dan komponen kecepatan air normal untuk arah x, y dan z adalah :

$$\begin{aligned} u_n &= u - c_x (c_x u + c_y v) \\ v_n &= v - c_y (c_x u + c_y v) \\ w_n &= -c_z (c_x u + c_y v) \end{aligned} \quad (2.63)$$

dimana : $c_x = \sin \phi \cdot \cos \theta$

$$c_y = \cos \phi \quad (2.64)$$

hingga komponen gaya per unit panjang silinder yang bekerja pada arah sumbu y dan z sesuai dengan persamaan Morison menjadi :

$$f_x = \frac{1}{2} C_d \rho DV u_n + C_m \rho A a_{nx} \quad (2.66)$$

$$f_y = \frac{1}{2} C_d \rho DV v_n + C_m \rho A a_{ny} \quad (2.67)$$

$$f_z = \frac{1}{2} C_d \rho DV w_n + C_m \rho A a_{nz} \quad (2.68)$$

3.3 Beban Angin

Besarnya beban yang ditimbulkan oleh angin pada sebuah struktur bergantung pada besar dan bentuk dari struktur yang dilalui oleh angin tersebut dan berapa besar kecepatan angin yang berhembus. Kecepatan angin terbesar yang akan ditemui di suatu daerah tertentu dapat diperkirakan melalui analisa catatan harian lokal cuaca setempat. Catatan tersebut secara *statistik* menyatakan besarnya luang angin pada 30 ft dari tanah (dalam kecepatan terbesar) tiap tahunnya.

Kecepatan Angin

Untuk menentukan kecepatan angin pada ketinggian tertentu lainnya dapat menggunakan *one-seventh power law* yang secara umum dapat digunakan sampai ketinggian 600 ft dari tanah. [9]

$$V = V_0 \left(\frac{y}{30} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (2.69)$$

tersebut. Besarnya beban angin pada sebuah obyek diketahui secara eksperimen melalui rumus sebagai berikut : [6]

$$F = (w / 2g)(V)^2 C_s . A \quad (2.70)$$

dimana : F = beban angin

w = berat jenis udara, lb/ft³ (N/m²)

g = gravitasi, ft/s² (m/s²)

V = kecepatan angin, ft/s (m/s)

C_s = koefisien bentuk

A = luas obyek, ft² (m²)

Untuk besar harga koefisien bentuk dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.3 Harga Koefisien Bentuk C_s [6]

Obyek	Force Coefficient
Beams	1.5
Sides of buildings	1.5
Cylindrical sections	0.5
Overall projected area off platform	1.0

Source : Data from API (1993)

Besarnya beban angin untuk elemen struktur dengan sumbu bebas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$V = \left[u^2 + v^2 - (c_x u + c_y v)^2 \right]^{1/2} \quad (2.71)$$

dimana : u = kecepatan angin arah sumbu global x

v = kecepatan angin arah sumbu global y

dimana : $c_x = \sin \phi \cdot \cos \theta$

$$c_y = \cos \phi \quad (2.73)$$

$$c_z = \sin \phi \cdot \sin \theta$$

Sudut-sudut yang terbentuk lihat gambar 2.7.

hingga komponen gaya yang bekerja pada arah sumbu x, y dan z sesuai dengan

ersamaan (2.70) menjadi :

$$F_x = (w / 2g) C_s \cdot AV u_n \quad (2.74)$$

$$F_y = (w / 2g) C_s \cdot AV v_n \quad (2.75)$$

$$F_z = (w / 2g) C_s \cdot AV w_n \quad (2.76)$$

3.4 Beban Arus

Arus berhubungan dengan gerakan air konstan sebagai hasil dari beberapa sumber seperti tenaga pasang-surut (*tidal*), *wind drag*, atau aliran sungai. Yang diperhitungkan dalam analisa bangunan laut adalah arus *tidal* dan arus *wind-drift*. Kedua arus ini biasanya dianggap mempunyai arah horisontal dan bervariasi menurut kedalamannya. [9]

Kecepatan Arus Akibat Pasang-Surut (*Tidal*)

Besar dan arah dari kecepatan arus ini pada permukaan air secara umum didapatkan dari pengukuran di daerah setempat. Dan untuk keperluan rekayasa,

Kecepatan Arus akibat Angin (*Wind-Drift*)

Besar kecepatan arus ini pada permukaan air diasumsikan sebesar 1 % dari kecepatan angin yang berada 30 ft di atasnya. Dan dengan menggunakan *linear* U_w , maka besarnya kecepatan arus pada setiap kedalaman yang berbeda adalah [6]:

$$U_w = U_{0w} \cdot (y/h) \quad (2.78)$$

dimana : U_w = kecepatan arus *wind-drift* pada kedalaman y dari seafloor

U_{0w} = kecepatan arus dipermukaan

h = kedalaman perairan

Perhitungan Beban Arus

Beban akibat arus yang terjadi pada sebuah pipa adalah besarnya *drag force* pada persamaan Morison untuk perhitungan beban gelombang, yaitu [6]:

$$f = f_d = \frac{1}{2} C_d \rho D |u| u \quad (2.79)$$

dimana: C_d = Koefisien drag

ρ = Massa jenis air laut (kg/m^3)

D = Diameter silinder (m)

u = Kecepatan arus total (*tidal dan wind-drift*) (m/dt)

Dan besarnya beban arus untuk elemen struktur dengan sumbu bebas dapat menggunakan persamaan-persamaan (2.62) – (2.68) dengan harga percepatan

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = 0 \cdot$$

BAB III

PERANCANGAN dan PEMBUATAN PERANGKAT LUNAK

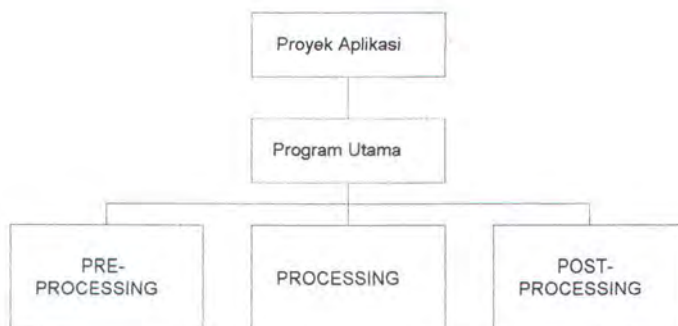
Pada bab ini akan dibahas mengenai algoritma program dan struktur data yang digunakan dalam perangkat lunak yang kami kerjakan. Perangkat lunak tersebut dibuat dengan kompiler *Borland Delphi 5.0* yang berbahasa pemrograman *Pascal*.

Delphi adalah suatu kompiler berbasis *Windows* dengan kemampuan *visual programming*, dimana terdapat sarana untuk pembuatan *antar muka makai (user interface)* yang baik dan dengan cara yang relatif mudah. Sehingga dengan kemudahan tersebut maka penulis dapat lebih memusatkan perhatiannya pada system perangkat lunaknya.

STRUKTUR PROGRAM

Desain program disusun berdasarkan tahapan-tahapan yang dipakai penulis untuk menyusun keseluruhan dari perangkat lunak yang akan digunakan dalam melakukan analisa bangunan laut. Tahapan-tahapan tersebut adalah :

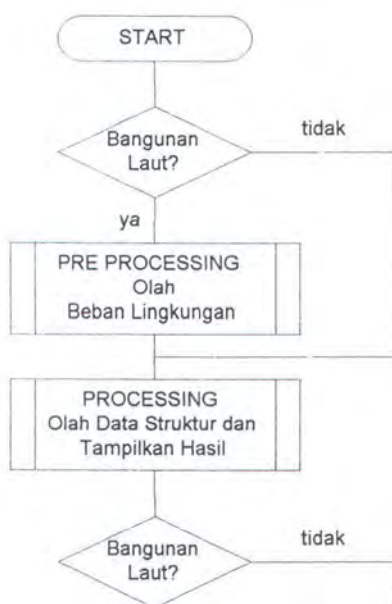
1. Tahapan *Pre-Processing*



Gambar 3.1 Struktur Program

Tahapan-tahapan di atas terbagi secara sekuensial pada saat perangkat lunak melakukan analisa bangunan laut.

Dengan *diagram proses* hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



1. Proyek Aplikasi

Delphi Mengatur dan mengaktifkan semua unit-unit aplikasi dalam suatu *project file*. File ini berfungsi sebagai file induk, yang mendaftarkan semua *unit* aplikasi dan *form-form* yang akan dibentuk pada saat program dijalankan. Berikut ini akan diberikan *listing program* dari *project file*, dimana dapat dilihat *unit-unit* dan *form-form* aplikasi yang diaktifkan pada saat program dijalankan.

```

program Editor;
uses
  Forms,
  UEditor in 'UEditor.pas' {FrmEditor},
  UAbout in 'UAbout.pas' {FormAbout},
  USplash in 'USplash.pas' {FrmSplash},
  UBacaFile in 'UBacaFile.pas',
  USimpanKR in 'USimpanKR.pas',
  UInfo in 'UInfo.pas' {FrmInfo},
  UFemUtama in 'UFemUtama.pas',
  UInfoElm in 'UInfoElm.pas' {FrmInfoElm},
  UBantu in 'UBantu.pas' {FrmBantu},
  UOutput in 'UOutput.pas' {FrmOutput},
  UBebanLingk in 'UBebanLingk.pas' {FrmBebanLingk};
{$R *.RES}
begin
  Application.Initialize;
  Application.CreateForm(TFrmEditor, FrmEditor);
  Application.CreateForm(TFormAbout, FormAbout);
  Application.CreateForm(TFrmSplash, FrmSplash);
  Application.CreateForm(TFrmInfo, FrmInfo);
  Application.CreateForm(TFrmInfoElm, FrmInfoElm);
  Application.CreateForm(TFrmBantu, FrmBantu);
  Application.CreateForm(TFrmOutput, FrmOutput);
  Application.CreateForm(TFrmBebanLingk, FrmBebanLingk);
  Application.Run;
end.

```

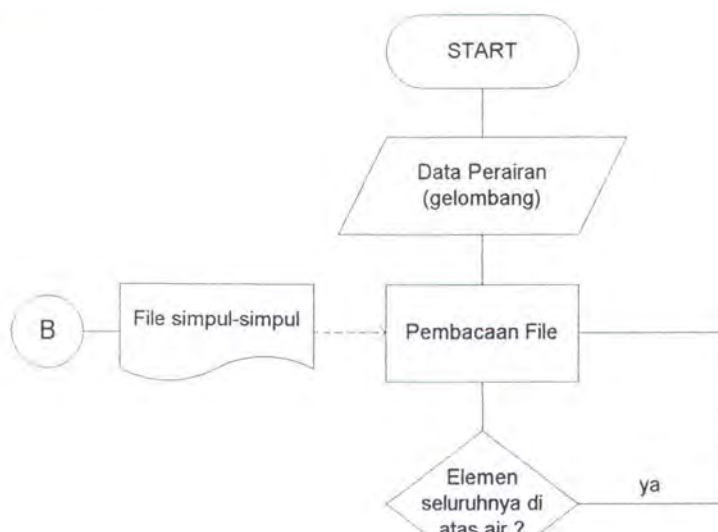

4. Aplikasi Perhitungan Beban Lingkungan – Pre-Processing

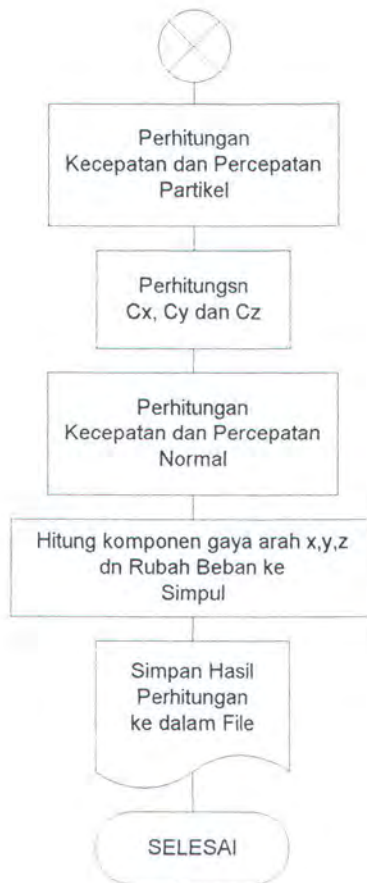
Pada sub bab ini akan dibahas proses penyusunan tahap *pre-processing* untuk aplikasi perhitungan *beban lingkungan*. Yang utama dari aplikasi ini adalah mengolah data beban lingkungan menjadi beban-beban simpul sehingga nantinya dapat diproses oleh program utama (*processing*).

Aplikasi perhitungan beban lingkungan terbagi menjadi tiga bagian yaitu perhitungan beban gelombang, perhitungan beban angin dan perhitungan beban gempa.

Aplikasi Perhitungan Beban Gelombang

Aplikasi perhitungan beban gelombang tersusun sesuai dengan *diagram alir* sebagai berikut :





Gambar 3.3 Diagram proses Tahap Pre-Processing – Beban Gelombang

Dari diagram proses tersebut dapat diuraikan persamaan-persamaan dan data yang diperhitungkan dalam program sebagai berikut :

1. Data perairan (gelombang) meliputi :
 - Tinggi gelombang
 - Periode gelombang

proses-proses selanjutnya bila elemen yang dibaca merupakan elemen yang tercelup seluruh atau sebagian di dalam air.

3. Perhitungan frekuensi gelombang (persamaan 2.58) dan perhitungan wave number (persamaan 2.57). Iterasi dilakukan untuk menentukan harga wave number.
4. Perhitungan kecepatan partikel (persamaan 2.51 – 2.52) dan percepatan partikel (persamaan 2.53 – 2.54)
5. Perhitungan C_x , C_y dan C_z (persamaan 2.64), yaitu beberapa perhitungan yang menyatakan besarnya harga sinus cosinus sudut elemen terhadap sumbu global gelombang.
6. Perhitungan kecepatan normal (persamaan 2.62 – 2.63) dan perhitungan percepatan normal (persamaan 2.65)
7. Perhitungan komponen gaya per unit panjang silinder (elemen) yang bekerja pada arah sumbu x , y dan z (persamaan 2.66 – 2.68).

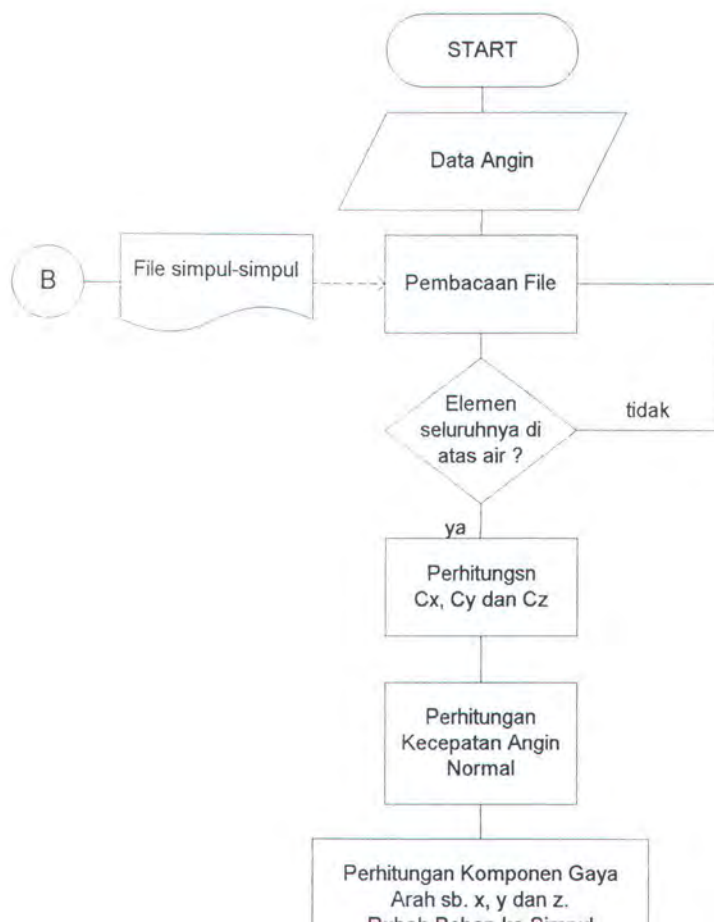
Hasil ini kemudian dilakukan perhitungan beban ke simpul. Untuk itu maka diperlukan beberapa tahapan sebagai berikut :

- Beban yang terjadi adalah beban merata linier (pada sumbu global struktur – tahap processing) sehingga dilakukan perhitungan besarnya beban untuk sumbu lokal elemen

8. Simpan hasil perhitungan ke dalam file. File ini juga akan dikembangkan bila beban-beban angin dan arus diikutkan dalam input beban lingkungan.

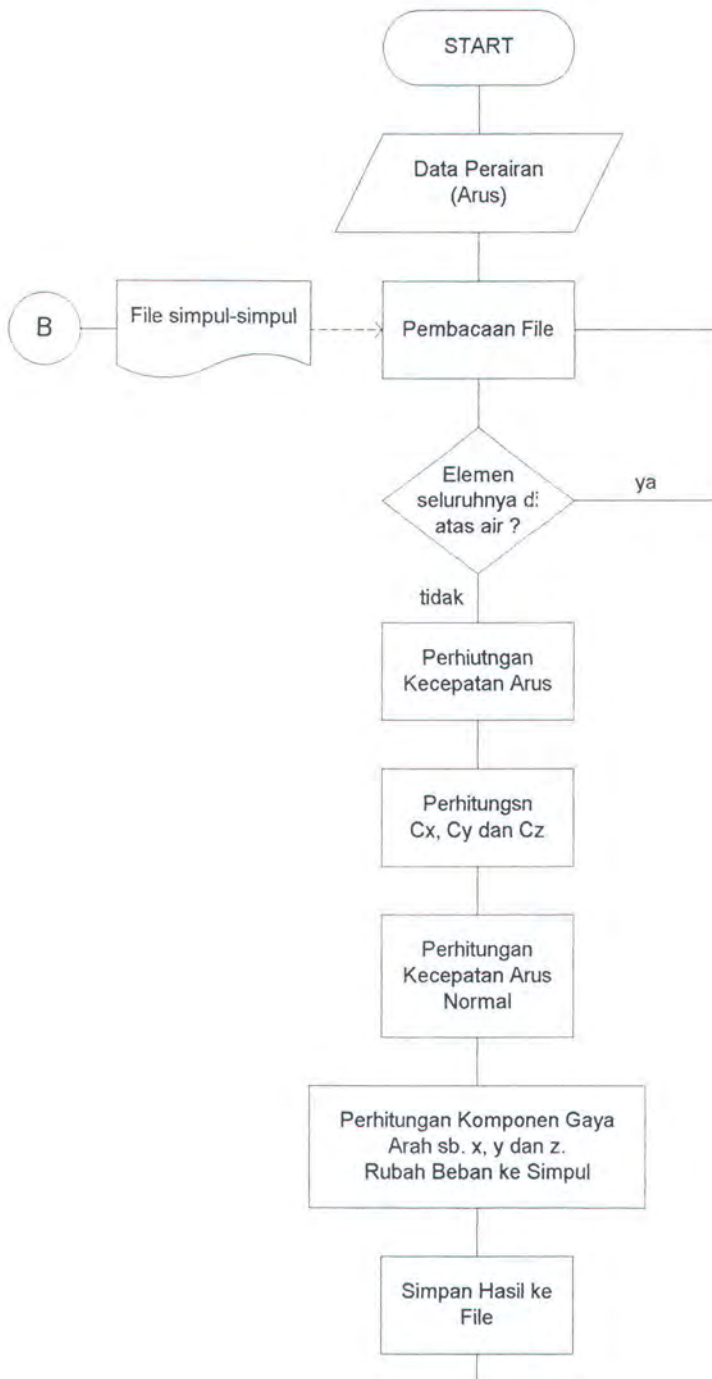
Aplikasi Perhitungan Beban Angin

Aplikasi perhitungan beban angin tersusun sesuai dengan *diagram proses* sebagai berikut :



Dari diagram proses tersebut dapat diuraikan persamaan-persamaan dan data-data yang diperhitungkan dalam program sebagai berikut :

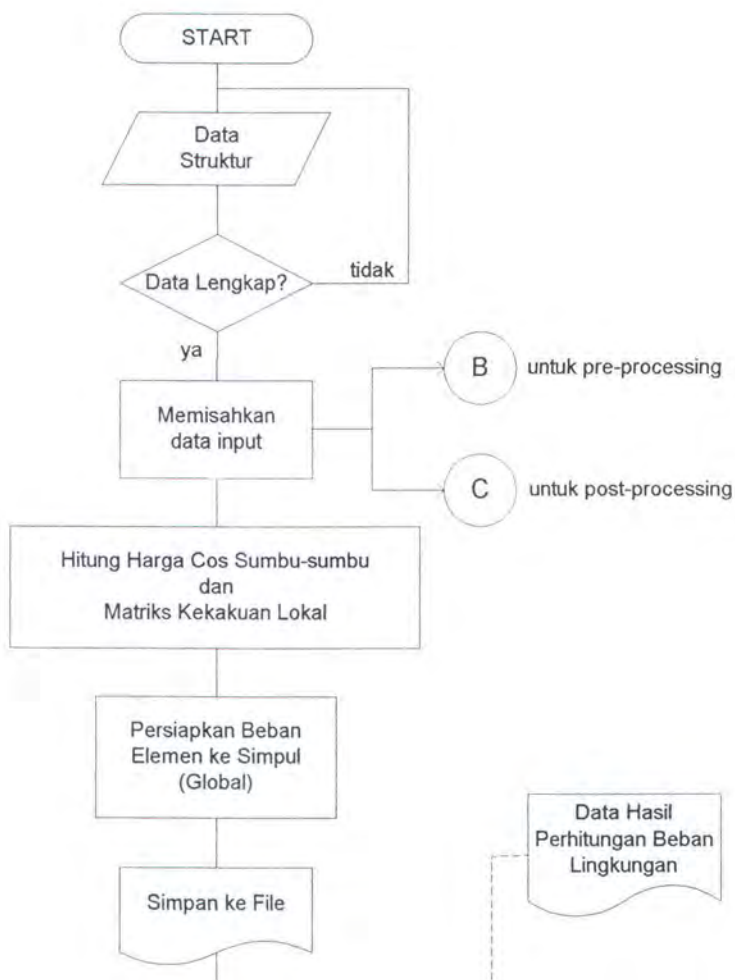
1. Data angin meliputi :
 - Kecepatan angin (untuk ketinggian 30 ft dari bumi)
 - Berat jenis udara
 - Kedalaman perairan
2. Proses pembacaan file, yaitu pembacaan file letak simpul-simpul beserta geometrinya di struktur untuk tiap elemen. Proses ini dilanjutkan kepada proses-proses selanjutnya bila elemen yang dibaca merupakan elemen yang tidak tercelup seluruhnya di dalam air.
3. Perhitungan C_x , C_y dan C_z (persamaan 2.73), yaitu beberapa perhitungan yang menyatakan besarnya harga sinus cosinus sudut elemen terhadap sumbu global gelombang.
4. Perhitungan kecepatan normal (persamaan 2.71 – 2.72)
5. Perhitungan komponen gaya arah sumbu x, y dan z. Komponen gaya-gaya tersebut adalah beban-beban terpusat pada elemen sehingga dilakukan pemindahan beban ke simpul-simpul elemen (persamaan 2.23).
6. Simpan hasil perhitungan ke dalam file. File ini juga akan dikembangkan bila beban-beban gelombang dan arus diikutkan dalam input beban ling-

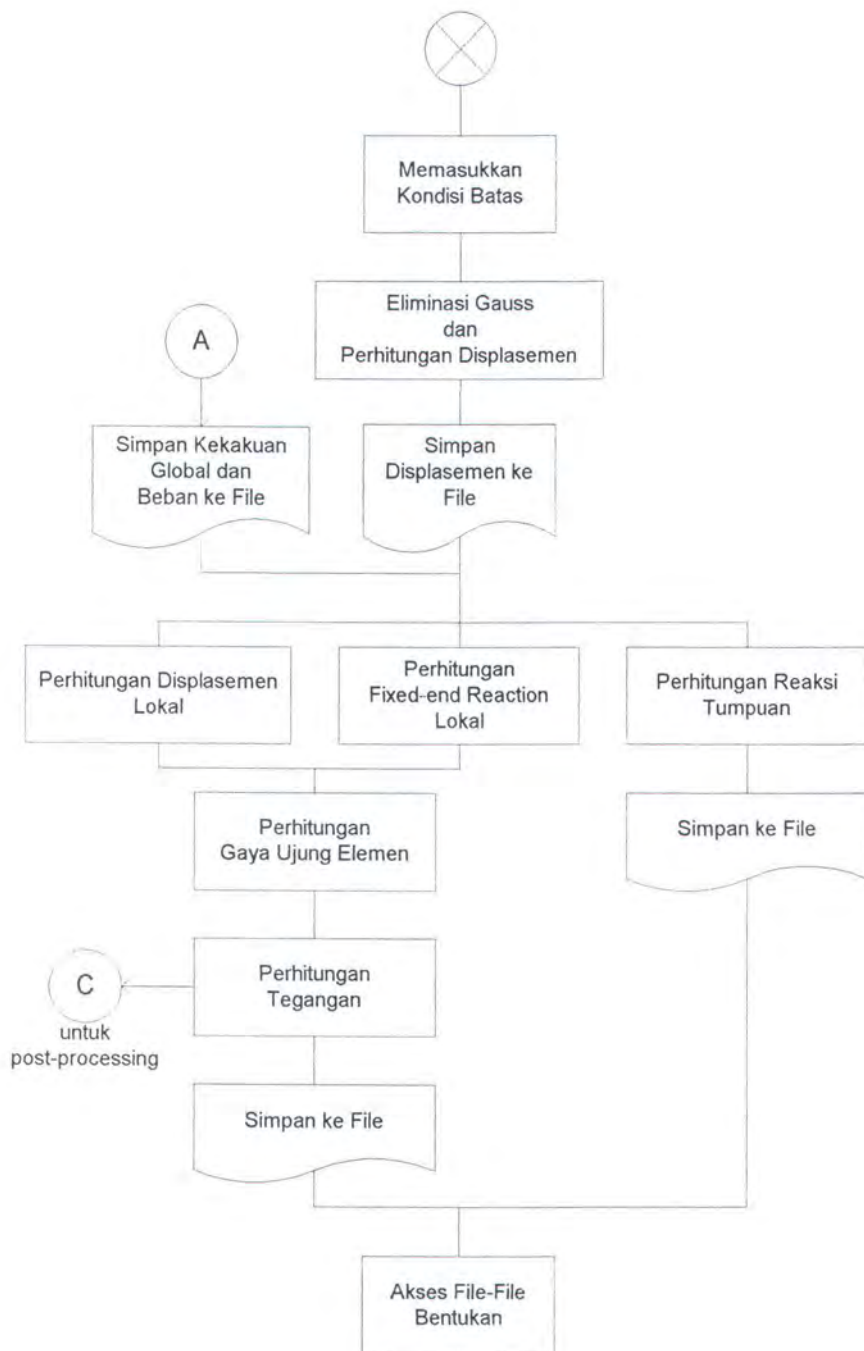


1. Data arus meliputi :
 - Kecepatan arus yang terdiri dari :
 - a. Wind-drift (U_{ow}), besarnya 1% dari kecepatan angin di ketinggian 30 ft
 - b. Tidal (U_{ot}), berdasarkan pengukuran
 - Koefisien Drag
 - Kedalaman perairan
2. Proses pembacaan file, yaitu pembacaan file letak simpul-simpul beserta geometrinya di struktur untuk tiap elemen. Proses ini dilanjutkan kepada proses-proses selanjutnya bila elemen yang dibaca merupakan elemen yang tercelup seluruh atau sebagian di dalam air.
3. Perhitungan kecepatan arus untuk ketinggian tertentu dari *seafloor*.
4. Perhitungan C_x , C_y dan C_z (persamaan 2.64), yaitu beberapa perhitungan yang menyatakan besarnya harga sinus cosinus sudut elemen terhadap sumbu global gelombang.
5. Perhitungan kecepatan normal (persamaan 2.62 – 2.63)
6. Perhitungan komponen gaya arah sumbu x , y dan z . Komponen gaya-gaya tersebut adalah beban-beban merata pada elemen sehingga dilakukan pemindahan beban merata tersebut ke simpul-simpul elemen (persamaan

4. Aplikasi Perhitungan Elemen Hingga – Processing

Pada sub bab ini dibahas mengenai proses penyusunan tahap *processing* untuk aplikasi perhitungan elemen hingga. Tahap ini merupakan bagian yang terbesar dari keseluruhan program. Aplikasi perhitungan elemen hingga tersusun sesuai dengan *diagram proses* sebagai berikut :





Dari diagram proses tersebut dapat diuraikan persamaan-persamaan dan data yang diperhitungkan dalam program sebagai berikut :

1. Data struktur, meliputi :

- Pengenal (struktur biasa atau struktur bangunan laut)
- Simpul; nomor dan koordinat-koordinatnya
- *Reference point*; nomor dan koordinat-koordinatnya
- Jenis elemen; nomor, berat jenis, modulus elastisitas, luas penampang, inersia penampang (arah sumbu z dan y), inersia polar penampang, angka poisson, $\frac{1}{2}$ tinggi maksimum penampang (jari-jari), $\frac{1}{2}$ lebar maksimum penampang (jari-jari), tebal pipa dan tegangan yield
- Ketersambungan; nomor simpul-simpul, faktor penambah, nomor jenis elemen dan nomor jenis elemen
- Beban Elemen; nomor elemen, jenis (terpusat, merata linier/kuatrat), arah sumbu (lokal elemen), letak beban pada elemen, besar beban
- Gaya luar; nomor simpul, faktor penambah, arah sumbu (lokal/global), besarnya gaya-gaya atau momen dan nomor elemen (jika arah sumbu yang dipilih sumbu lokal)
- Jenis tumpuan; nomor dan pilihan terkekang (1) atau bebas (0) pada keenam derajat kebebasan pada setiap simpulnya

3. Perhitungan harga cosinus elemen terhadap sumbu global menggunakan persamaan (2.10), (2.13) dan (2.14). Selanjutnya dilakukan juga perhitungan harga matriks kekakuan lokal untuk tiap elemen sesuai persamaan (2.5).
4. Perhitungan beban elemen untuk dipindahkan pada simpul menggunakan persamaan (2.23) dan (2.24). Bila beban tidak berhimpit dengan sumbu globalnya maka beban ditransformasikan ke sumbu globalnya menggunakan persamaan (2.22).
5. Point 1 sampai dengan point 4 di atas, dilakukan pembentukan file-file baru untuk memudahkan akses input pada perhitungan selanjutnya.
6. (Pre-Processing) Data hasil perhitungan beban lingkungan, berupa data yang ikut diproses jika pengenalan adalah untuk struktur bangunan laut. Lebih detail dijelaskan di sub bab *pre-processing*
7. Perhitungan matriks kekakuan global menggunakan persamaan seperti yang terlihat pada tabel 2.1.

Untuk keperluan pemrograman maka dilakukan perubahan indeks matriks sesuai persamaan (2.18 – 2.19).
8. Perhitungan matriks beban adalah penggabungan seluruh beban yang bekerja pada elemen (struktur), yaitu :

- berat sendiri

9. Memasukkan kondisi batas, yaitu pencoretan baris dan kolom pada matriks kekakuan gabungan dan pencoretan kolom pada matriks beban
10. Dari persamaan $[K].[D] = [R]$ maka untuk menentukan besarnya harga *displacement* dilakukan eliminasi Gauss seperti yang terlihat pada sub bab *displacement*.
Akhir dari proses ini adalah menyimpan hasil perhitungan (*displacement*) ke dalam file
11. Melakukan pembentukan file-file untuk matriks kekakuan global dan matriks beban
12. Perhitungan *displacement* lokal yaitu merubah harga-harga *displacement* global (point 10) ke *displacement* lokal dengan persamaan (2.6)
13. Perhitungan *fixed-end reaction* untuk masing-masing elemen yaitu beban yang dipindahkan ke ujung-ujung simpul elemen. Pemindahan beban ini hanya untuk tiap elemennya saja bukan harga total untuk tiap simpul dalam elemen
14. Perhitungan reaksi tumpuan dan simpan hasil ke dalam file
15. Perhitungan gaya ujung elemen dengan persamaan (2.28)
16. Perhitungan tegangan dengan persamaan (2.29) sampai dengan persamaan (2.32). Dimana harga-harga yang akan diperoleh adalah :

- Tegangan normal akibat bending momen M_z
- Tegangan hoop, persamaan (2.44)
- Punching shear, persamaan (2.50)

17. Simpan proses pada point 12, 13, 15 dan 16 ke dalam file

18. Akses file-file bentukan untuk tampilkan output

19. (Post-Processing) Data hasil perhitungan API akan ditampilkan bila struktur yang dianalisa (diproses) adalah struktur bangunan laut. Lebih detail dijelaskan pada sub bab post-processing

Aplikasi Perhitungan/Pengecekan API – Post-Processing

Pada sub bab ini dibahas mengenai proses penyusunan tahap *post-processing* yaitu aplikasi perhitungan/pengecekan API RP2A, 1993. Pada tahap ini dibutuhkan data-data sebagai berikut :

1. Data posisi simpul-simpul (data tahap *processing*)
2. Data property tiap elemen (hasil perhitungan tahap *processing*)
3. Data tegangan (hasil perhitungan tahap *processing*)
4. Kondisi perairan (data tahap *post-processing*)

Aplikasi perhitungan / pengecekan API tersusun sesuai dengan *diagram* proses sebagai berikut :



Gambar 3.7 Diagram proses Tahap Post-Processing

Dari diagram proses tersebut dapat diuraikan persamaan-persamaan dan data yang diperhitungkan dalam program sebagai berikut :

1. Perhitungan tegangan ijin menggunakan persamaan-persamaan (2.33 – 2.43), kemudian persamaan (2.45 – 2.49). Pembacaan file properti elemen dan simpul-simpul dan pembacaan file kondisi perairan digunakan dalam proses perhitungan tegangan ijin
2. Dalam hal ini yang dibandingkan adalah tegangan ijin dan tegangan yang berlaku pada struktur, yaitu :

- Tegangan geser akibat gaya geser (persamaan 2.30) tidak boleh lebih besar dari tegangan geser akibat gaya geser ijin (persamaan 2.41)
- Tegangan geser akibat torsi (persamaan 2.31) tidak boleh lebih besar dari tegangan geser akibat torsi ijin (persamaan 2.42)
- Tegangan pada tubular joint tidak boleh lebih besar dari 1 (persamaan 2.48)
- Punching shear (persamaan 2.50) tidak boleh lebih besar dari punching shear ijin (persamaan 2.49)
- Kombinasi tegangan tekan aksial dan bending sesuai dengan persamaan-persamaan (2.45) – (2.47)

Tegangan yang dibandingkan adalah berasal dari pembacaan file tegangan.

3. Menampilkan hasil dalam bentuk tabulasi yang menyatakan apakah tegangan yang terjadi telah memenuhi tegangan ijinnya.

BAB IV

VALIDASI PROGRAM

Pada bab ini akan dilakukan beberapa pengujian dari program yang telah disusun. Pengujian dilakukan terhadap keseluruhan kemampuan program dalam melakukan perhitungan. Program dianggap layak pakai bila program dapat memberikan hasil yang benar.

Validasi 1 : Pengujian untuk hasil perhitungan pada *displacement*, reaksi tumpuan dan *end-forces*.

Diberikan struktur pada ruang seperti pada gambar 4.1 dan dengan data struktur sebagai berikut :

Semua batang memiliki sifat penampang melintang yang sama.

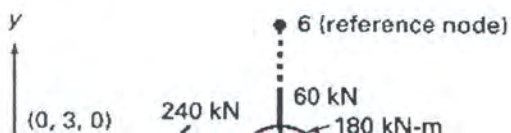
$$A = 0,01 \text{ m}^2$$

$$I_y = I_z = 0,001 \text{ m}^4$$

$$J = 0,02 \text{ m}^4$$

$$E = 200 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$$

Reference point 6(6,6,0) dan 7(-3,0,0)



Berikut adalah hasil perhitungan yang didapatkan [3] :

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Validasi 1

Node#	X-Displ	Y-Displ.	Z-Displ.	X-Rot.	Y-Rot.	Z-Rot.
1	3.127E-09	1.972E-09	9.900E-09	2.760E-09	-7.145E-09	5.348E-09
2	-1.868E-03	3.944E-05	5.310E-03	2.550E-03	-1.768E-03	1.108E-03
3	-1.985E-03	3.141E-03	9.842E-03	2.025E-03	-2.452E-04	7.624E-04
4	-2.103E-03	3.431E-03	6.241E-03	1.500E-03	1.836E-03	-7.662E-04
5	5.873E-09	-6.472E-09	8.100E-09	6.985E-09	8.428E-09	-1.101E-09

DOF#	Reaction
1	-4.1700E+04
2	-2.6292E+04
3	-1.3200E+05
4	-3.6800E+05
5	9.5264E+04
6	-7.1308E+04
25	-7.8300E+04
26	8.6292E+04
27	-1.0800E+05
28	-9.3128E+04
29	-1.1238E+05
30	1.4677E+04

Member End-Forces

Member #1

-2.629E+04	4.170+E04	-1.320E+05	9.526E+04	3.680E+05	-7.131E+04
2.629E+04	7.830E+04	1.320E+05	-9.526E+04	2.800E+04	1.641E+04

Member #2

7.830E+04	2.629E+04	-1.320E+05	2.800E+04	9.526E+04	-1.641E+04
-----------	-----------	------------	-----------	-----------	------------

Input data yang diberikan kepada program dapat dilihat pada Lampiran 1.

Dan berikut adalah hasil perhitungan yang dilakukan oleh program :

Tabel 4.2 Hasil perhitungan Validasi 1 dengan program



Displacement

Node	u	v	w	T _x	T _y	T _z
1	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000
2	-1.8677E-0003	3.9438E-0005	5.3099E-0003	2.5500E-0003	-1.7862E-0003	1.1078E-0003
3	-1.9851E-0003	3.1406E-0003	9.8421E-0003	2.0250E-0003	-2.4523E-0004	7.6239E-0004
4	-2.1026E-0003	3.4306E-0003	6.2414E-0003	1.5000E-0003	1.8357E-0003	-7.6624E-0004
5	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000

Support Reaction

Node	F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z
1	-4.1700E+0004	-2.6292E+0004	-1.3200E+0005	-3.6800E+0005	9.5265E+0004	-7.1308E+0004
2	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000
3	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000
4	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000
5	-7.8300E+0004	8.6292E+0004	-1.0800E+0005	-9.3127E+0004	-1.1238E+0005	1.4677E+0004

End-Forces

Member 1

-2.6292E+4 4.1699E+4 -1.3200E+5 9.5265E+4 3.6800E+5 -7.1308E+4
2.6292E+4 7.8300E+4 1.3200E+5 -9.5265E+4 2.8000E+4 1.6407E+4

Kesimpulan : Hasil perhitungan dari program menunjukkan harga yang sama dengan hasil yang diperoleh dari jawaban soal dari referensi [3]. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perhitungan untuk *displacement* dan *end-forces* adalah benar.

seperti yang telah diberikan pada bab 2, tegangan dihitung dengan rumus-rumus mekanika teknik (persamaan-persamaan 2.29 – 2.32) dengan memasukkan harga-harga *end-forces* yang telah diujikan kebenaran hasilnya pada *validasi 1*. Dan selanjutnya (*validasi 2*, *validasi 3* dan *validasi 4*) akan diujikan perhitungan tegangan.

validasi 2 : Pengujian untuk hasil perhitungan pada tegangan akibat bending moment y dan bending moment z.

Diberikan struktur pada bidang seperti pada gambar 4.2 dan dengan data struktur sebagai berikut (tumpuan menyesuaikan) :

$$A = 5,9690\text{E-}3 \text{ m}^2$$

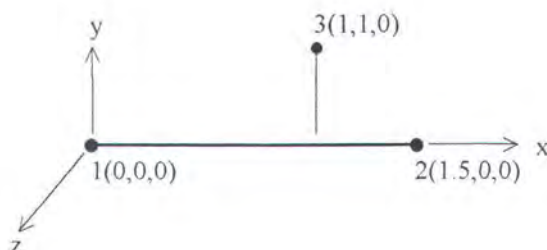
$$t = 0,01 \text{ m}$$

$$r = 0,1 \text{ m}$$

$$I_y = I_z = 2,6935\text{E-}5 \text{ m}^4$$

$$J = 5,3870\text{E-}5 \text{ m}^4$$

$$E = 210 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$$



Gambar 4.2 Pengecekan tegangan akibat bending moment

Dengan menggunakan Mekanika Teknik maka secara sederhana dapat ditentukan besarnya tegangan akibat kedua moment pada batang sebesar :

$$\sigma_x = \frac{M \cdot y}{I}$$

Akibat bending moment z :

$$\sigma_x = \frac{M_z \cdot r}{I_z} = 3759,04956 \text{ kN/m}^2$$

Akibat bending moment y :

$$\sigma_x = \frac{M_y \cdot r}{I_y} = 3759,04956 \text{ kN/m}^2$$

Input data yang diberikan kepada program dapat dilihat pada Lampiran 1.

Dan berikut adalah hasil perhitungan yang dilakukan oleh program :

Tabel 4.4 Hasil perhitungan Validasi 2-b dengan program

Tegangan akibat bending moment y

Elemen	Axial	Shear Y	Shear Z	Torsi	Moment Y	Moment Z
1	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	3.7590E+0006	0.0000E+0000

Kesimpulan : Hasil perhitungan tegangan akibat kedua momen bending dari program menunjukkan harga yang sama dengan hasil yang diperoleh dari perhitungan manual di atas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perhitungan untuk tegangan pada kedua momen bidang adalah benar.

Validasi 3 : Pengujian untuk hasil perhitungan tegangan akibat gaya aksial dan moment puntir.

Diberikan struktur pada ruang seperti pada gambar 4.3 dan dengan data struktur sebagai berikut :

$$A = 5,9690E-3 \text{ m}^2$$

$$t = 0,01 \text{ m}$$

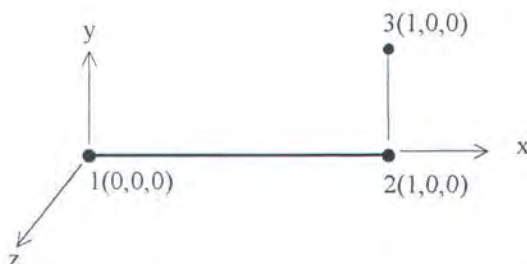
$$r = 0,1 \text{ m}$$

$$I_y = I_z = 2,6935E-5 \text{ m}^4$$

$$J = 5,3870E-5 \text{ m}^4$$

$$E = 210 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Reference point } 3(1, 1, 0)$$



Gambar 4.3 Pengecekan tegangan akibat gaya aksial dan moment puntir

Dengan menggunakan Mekanika Teknik maka secara sederhana dapat ditentukan besarnya tegangan akibat gaya aksial dan akibat moment puntir pada batang berturut-turut sebesar :

$$\sigma_x = \frac{P}{A} \quad ; \quad \tau = \frac{M_t \cdot (D/2)}{I_p}$$

Akibat gaya aksial :

$$\sigma_x = \frac{P}{A} = 167.5322 \text{ kN/m}^2$$

Akibat momen puntir :

$$\tau = \frac{M_t \cdot (D/2)}{I_p} = 1856.3208 \text{ kN/m}^2$$

Input data yang diberikan kepada program dapat dilihat pada Lampiran 1.

Dan berikut adalah hasil perhitungan yang dilakukan oleh program :

Tabel 4.6 Hasil perhitungan Validasi 3-b dengan program

Tegangan akibat momen puntir

Elemen	Axial	Shear Y	Shear Z	Torsi	Moment Y	Moment Z
1	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	1.8563E+0006	0.0000E+0000	0.0000E+0000

Kesimpulan : Hasil perhitungan tegangan akibat gaya aksial dan momen puntir dari program menunjukkan harga yang sama dengan hasil yang diperoleh dari perhitungan yang dilakukan secara manual di atas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perhitungan untuk tegangan akibat gaya aksial dan momen puntir adalah benar.

Validasi 4 : Pengujian untuk hasil perhitungan pada tegangan akibat gaya-gaya tidak lurus elemen (F_y dan F_z).

Diberikan struktur pada bidang seperti pada gambar 4.4 dan dengan data struktur sebagai berikut (tumpuan menyesuaikan) :

$$A = 5,9690E-3 \text{ m}^2$$

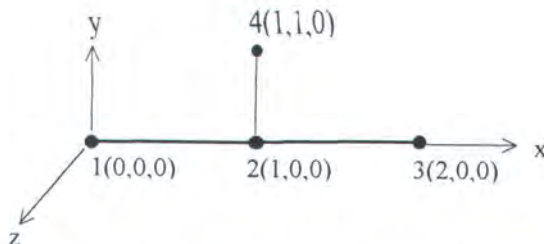
$$t = 0,01 \text{ m} ; r = 0,1 \text{ m}$$

$$I_y = I_z = 2,6935E-5 \text{ m}^4$$

$$J = 5,3870E-5 \text{ m}^4$$

$$E = 210 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$$

Reference point 4(1 1 0)



Gambar 4.4 Pengecekan tegangan akibat gaya tegak lurus elemen

Dengan menggunakan Mekanika Teknik maka secara sederhana dapat ditentukan besarnya tegangan akibat kedua gaya-gaya pada batang sebesar :

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} \quad ; \quad \sigma_x = \frac{M \cdot y}{I}$$

Akibat gaya F_y :

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} = 3,3506 \text{ kN/m}^2 \quad \text{utk } Q_{max} = 2 \cdot R_{avg}^2 \cdot t$$

$$\sigma_x = \frac{M \cdot y}{I} = 1856,3208 \text{ kN/m}^2$$

Akibat gaya F_z :

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} = 3,3506 \text{ kN/m}^2 \quad \text{utk } Q_{max} = 2 \cdot R_{avg}^2 \cdot t$$

$$\sigma_x = \frac{M \cdot y}{I} = 1856,3208 \text{ kN/m}^2$$

Input data yang diberikan kepada program dapat dilihat pada Lampiran 1.

Dan berikut adalah hasil perhitungan yang dilakukan oleh program :

Tabel 4.8 Hasil perhitungan Validasi 4-b dengan program

Tegangan akibat gaya Fz

Elemen	Axial	Shear Y	Shear Z	Torsi	Moment Y	Moment Z
1	0.0000E+0000	0.0000E+0000	-3.3506E+0003	0.0000E+0000	-1.8563E+0006	0.0000E+0000
2	0.0000E+0000	0.0000E+0000	3.3506E+0003	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000

Kesimpulan : Hasil perhitungan tegangan akibat kedua gaya tegak lurus (Fy dan Fz) dari program menunjukkan harga yang sama dengan hasil yang diperoleh dari perhitungan yang dilakukan secara manual di atas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perhitungan untuk tegangan akibat kedua gaya tersebut adalah benar.

demikian maka hasil perhitungan yang dilakukan oleh program berupa *displacement*, *end-forces* dan tegangan-tegangan yang terjadi adalah benar dan untuk pengujian-pengujian berikutnya maka hasil-hasil tersebut digunakan.

berikutnya akan dilakukan pengujian terhadap perhitungan beban-beban lingkungan. Untuk beban akibat gelombang dan arus hasil perhitungan berupa beban merata sedangkan pada beban angin berupa beban terpusat.

Validasi 5 : Pengujian untuk hasil perhitungan beban-beban lingkungan seperti beban gelombang, beban arus dan beban angin.

$$J = 4.9036994\text{E-}2 \text{ m}^4$$

Data *brace-member* :

$$A = 2.7567476\text{E-}2 \text{ m}^2$$

$$t = 0,015 \text{ m} ; r = 0,3 \text{ m}$$

$$I_y = I_z = 1.1792849\text{E-}3 \text{ m}^4$$

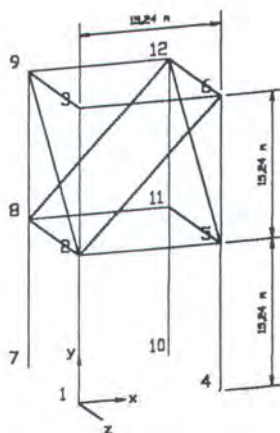
$$J = 2.3585698\text{E-}3 \text{ m}^4$$

Tumpuan pada *seafloor* adalah tumpuan jepit. Dan data untuk keduanya antara lain :

$$E = 200 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$$

$$BJ = 7850 \text{ kg/m}^3$$

Reference point menyesuaikan pada bidang masing-masing.



Gambar 4.5 Pengecekan beban lingkungan pada struktur bangunan laut sederhana

Dan data beban lingkungan sebagai berikut :

Wave Number awal (k) = $6,3703 \times 10^{-3}$

Massa jenis air laut (ρ) = 1025 kg/m^3

Data beban arus :

Kecepatan arus *Wind-drift* = $0,5658 \text{ m/det}$

Kecepatan arus *Tidal* = 1 m/det

Koefisien Drag (C_D) = 1

Data beban angin :

Kecepatan angin (30 ft dari bumi) = $56,584 \text{ m/det}$

Berat jenis udara (w) = $11,8843 \text{ N/m}^3$

Input data yang diberikan kepada program dapat dilihat pada Lampiran 1.

Perhitungan beban akibat gelombang yang dilakukan secara manual dengan menggunakan Ms. Excel dapat dilihat juga pada Lampiran 1 dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.9 Hasil perhitungan beban gelombang

Beban Merata pada member 2-8

$f_x =$	$847,19067 \text{ N/m}$
$f_y =$	$-368,26619 \text{ N/m}$
$f_z =$	0 N/m

Berikut adalah hasil perhitungan dengan program :

Perhitungan beban akibat arus yang dilakukan secara manual dengan menggunakan Ms. Excel dapat dilihat pada Lampiran 1 dengan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4.11 Hasil perhitungan beban arus

Beban Merata pada member 2-8

$f_x =$	510.66892 N/m
$f_y =$	0 N/m
$f_z =$	0 N/m

Berikut adalah hasil perhitungan dengan program :

Tabel 4.12 Hasil perhitungan beban arus dengan program

NE	N1	f_x	f_y	f_z
	N2			
14	8	1.0213E+3	0.0000E+0	0.0000E+0
	9	1.5078E+3	0.0000E+0	0.0000E+0
15	8	5.1067E+2	-3.7518E-37	1.3842E-17
	2	5.1067E+2	-3.7518E-37	1.3842E-17
17	2	3.3167E+2	-1.5636E+2	-1.1056E+2
	6	4.8968E+2	-2.3084E+2	-1.6322E+2

Perhitungan beban akibat angin yang dilakukan secara manual dengan menggunakan Ms. Excel dapat dilihat pada Lampiran 1 dengan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4.13 Hasil perhitungan beban angin

Berikut adalah hasil perhitungan dengan program :

Tabel 4.14 Hasil perhitungan beban angin dengan program

NE	N1	N2	fx	fy	fz
14	8	9	9.2268E+3	0.0000E+0	0.0000E+0
16	9	3	5.6238E+3	-2.0659E-36	1.5243E-16
17	2	6	4.2377E+3	-9.9884E+2	-1.4126E+3

Kesimpulan : Hasil perhitungan untuk beban-beban lingkungan (beban akibat gelombang, akibat arus dan akibat angin) yang dihitung secara manual dengan Ms. Excel menunjukkan harga yang sama dengan yang diperoleh dari perhitungan oleh program. Dapat disimpulkan bahwa perhitungan beban-beban lingkungan adalah benar.

validasi-validasi yang telah dilakukan di atas adalah validasi untuk tahap *pre-processing* dan *processing*. Berikut ini (validasi 6) adalah pengujian untuk tahap *post-processing*.

Validasi 6 : Pengujian untuk hasil perhitungan/pengecekan peraturan dari API 2-A, 1993.

Diberikan struktur bangunan laut seperti pada gambar 4.6 dan dengan data struktur sebagai berikut :

Data chord members :

Data *brace-member* :

$$A = 2.7567476\text{E-}2 \text{ m}^2$$

$$t = 0,015 \text{ m} ; r = 0,3 \text{ m}$$

$$I_y = I_z = 1.1792849\text{E-}3 \text{ m}^4$$

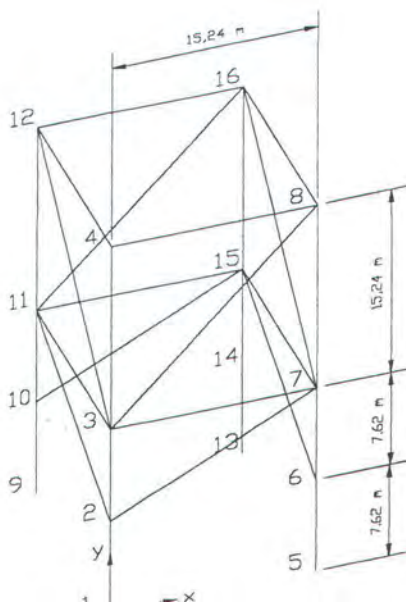
$$J = 2.3585698\text{E-}3 \text{ m}^4$$

Tumpuan pada *seafloor* adalah tumpuan jepit. Dan data untuk keduanya antara lain :

$$E = 200 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$$

$$B.J = 7850 \text{ kg/m}^3$$

Reference point menyesuaikan pada bidang masing-masing.



Dan tegangan yang dihasilkan dari perhitungan dengan program adalah sebagai berikut :

Tabel 4.15 Tegangan pada elemen *Front-Plane*

Elemen	Axial	Shear Y	Shear Z	Torsi	Moment Y	Moment Z
1	-2.8308E+0005	3.4214E+0002	3.4214E+0002	0.0000E+0000	2.2373E+0004	-2.2373E+0004
2	-1.9652E+0005	5.9692E+0002	5.9692E+0002	0.0000E+0000	7.1160E+0004	-7.1160E+0004
3	-2.2576E+0004	9.7894E+0001	9.7894E+0001	0.0000E+0000	5.0470E+0002	-5.0470E+0002
4	2.0879E+0004	3.6043E+0003	1.3782E+0001	3.7591E+0002	-1.1738E+0006	-2.1352E+0004
5	1.6835E+0004	3.6053E+0003	1.6194E+0001	-2.4186E+0003	-1.0468E+0006	-2.6483E+0004
6	6.0833E+0004	3.5738E+0003	5.8282E+0001	5.0478E+0003	-1.4031E+0006	1.7852E+0004
7	5.5971E+0003	3.5867E+0003	1.4171E+0002	-3.8556E+0003	-8.9635E+0005	-7.3138E+0002
8	-2.8145E+0005	1.9810E+0000	3.8871E+0002	-2.1350E+0004	4.2564E+0004	5.3326E+0003
9	-2.0897E+0005	-7.7758E+0001	3.7396E+0002	2.8093E+0004	5.6225E+0004	4.9847E+0003
10	-3.8710E+0004	-4.0445E+0002	1.2362E+0002	3.0981E+0004	1.0158E+0003	9.2022E+0004

Tabel-tabel berikut adalah hasil running program dari pengecekan persyaratan-persyaratan struktur sesuai API RP2-A untuk bidang depan (*front plane*) :

Tabel 4.16 Pengecekan 1 untuk validasi 6

Elemen	Axial	Shear Y	Shear Z	Torsion
1	OK	OK	OK	OK
2	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	OK	OK

Tabel 4.17 Pengecekan 2 untuk validasi 6

Elemen	Moment Y	Moment Z	Combined	Hoop Stress
1	OK	OK	OK	OK
2	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	OK	OK
4	OK	OK	OK	OK
5	OK	OK	OK	OK
6	OK	OK	OK	OK
7	OK	OK	OK	OK
8	OK	OK	OK	OK
9	OK	OK	OK	OK
10	OK	OK	OK	OK

Tabel 4.18 Pengecekan 3 untuk validasi 6

Plane	Node	Elemen	Tubular Joint
Front	2	4	OK
Front	3	5	OK
Front	3	6	OK
Front	4	7	OK
Front	7	4	OK
Front	7	5	OK
Front	6	6	OK
Front	8	7	OK

Tabel 4.19 Pengecekan 4 untuk validasi 6

Punching Shear

Plane	Node	Elemen	Axial	In Plane	Out of Plane
Front	2	4	OK	OK	OK
Front	3	5	OK	OK	OK

Hasil dari pengecekan oleh program (tabel 4.16 – 4.19) selanjutnya dicocokkan dengan hasil perhitungan secara manual di bawah ini (perhitungan secara manual dengan Ms. Excel dapat dilihat pada Lampiran 1) :

Tabel 4.20 Hasil perhitungan secara manual I

Perhitungan/pengecekan sesuai API (Pengecekan 1 dan 2)

Elemen 2 (Chord, Member 2-3)

HASIL :

AXIAL OK	SHEAR Y OK	SHEAR Z OK	TORSI OK
-------------	---------------	---------------	-------------

BENDING Y OK	BENDING Z OK	HOOP OK	COMBINED OK
-----------------	-----------------	------------	----------------

Elemen 5 (Brace, Member 3-7)

HASIL :

AXIAL OK	SHEAR Y OK	SHEAR Z OK	TORSI OK
-------------	---------------	---------------	-------------

BENDING Y OK	BENDING Z OK	HOOP OK	COMBINED OK
-----------------	-----------------	------------	----------------

Tabel 4.21 Hasil perhitungan secara manual II

Perhitungan/pengecekan sesuai API (Pengecekan 3 dan 4)

Node 2 (Joint Classification : Y - Elemen 4)

HASIL :

Tubular Joint =	OK		
-----------------	----	--	--

Node 3 (Joint Classification : K - Elemen 6)

HASIL :

Tubular Joint =	OK		
Punching =	Aksial OK	In Plane OK	Out of Plane OK

Node 4 (Joint Classification : T - Elemen 7)

HASIL :

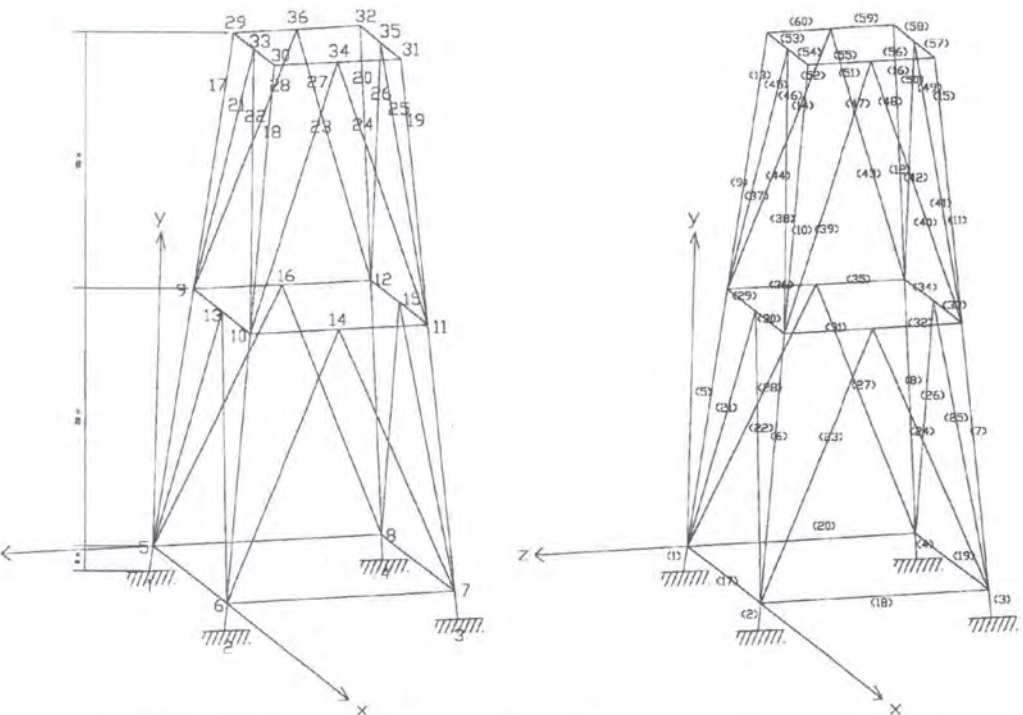
Tubular Joint =	OK		
Punching =	Aksial OK	In Plane OK	Out of Plane OK

Kesimpulan : Pengecekan persyaratan API yang dilakukan oleh program dan yang dilakukan secara manual menunjukkan hasil yang sama. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk tahap post-processing dari program yang telah disusun adalah benar.

BAB V

APLIKASI PROGRAM dan ANALISA

Struktur bangunan laut yang akan dibahas di sini adalah struktur *jacket* yang memiliki 4 kaki [11] dengan 60 elemen (batang) dan 36 simpul seperti yang terlihat pada gambar 5.1.



Panjang batang (17) = (18) = (19) = (20) = 18 m

Panjang batang (29) = (30) = (31) = (32) = (33) = (34) = (35) = (36) = 7 m

Panjang batang (53) = (54) = (55) = (56) = (57) = (58) = (59) = (60) = 5 m

$$\nu = 0,25$$

$$\text{Berat jenis} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

chord-member :

$$A = 1,4627255\text{E-}2 \text{ m}^2$$

$$t = 0,012 \text{ m}$$

$$r = 0,2 \text{ m}$$

$$I_y = I_z = 2,7525569\text{E-}4 \text{ m}^4$$

$$J = 5,5051138\text{E-}4 \text{ m}^4$$

brace member :

$$A = 5,9690260\text{E-}3 \text{ m}^2$$

$$t = 0,01 \text{ m}$$

$$r = 0,1 \text{ m}$$

$$I_y = I_z = 2,6935230\text{E-}5 \text{ m}^4$$

$$J = 5,3870460\text{E-}5 \text{ m}^4$$

tumpuan pada *seafloor* adalah tumpuan jepit.

reference point terletak pada bidang masing-masing sisi dari struktur.

data-data simpul dapat dilihat pada tabel 5.1.

Data Beban Lingkungan

Data beban gelombang :

$$\text{Tinggi gelombang } (H) = 2 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman perairan } (h) = 38 \text{ m}$$

Tabel 5.1 Data simpul

No. Simpul	Koordinat		
	x	y	z
1	0	0	0
2	18.4	0	0
3	18.4	0	-18.4
4	0	0	-18.4
5	0.2	2	-0.2
6	18.2	2	-0.2
7	18.2	2	-18.2
8	0.2	2	-18.2
9	2.2	22	-2.2
10	16.2	22	-2.2
11	16.2	22	-16.2
12	2.2	22	-16.2
13	9.2	22	-2.2
14	16.2	22	-9.2
15	9.2	22	-16.2
16	2.2	22	-9.2
17	3.8	38	-3.8
18	14.6	38	-3.8
19	14.6	38	-14.6
20	3.8	38	-14.6
21	7.8	38	-3.8
22	10.6	38	-3.8
23	14.6	38	-7.8
24	14.6	38	-10.6
25	10.6	38	-14.6
26	7.8	38	-14.6
27	3.8	38	-10.6
28	3.8	38	-7.8
29	4.2	42	-4.2
30	14.2	42	-4.2

Data beban arus :

Kecepatan arus *Wind-drift* = 0,5658 m/det

Kecepatan arus *Tidal* = 0,75 m/det

Koefisien Drag (C_D) = 1

Data beban angin :

Kecepatan angin (30 ft dari bumi) = 56,584 m/det

Berat jenis udara (w) = 11,8843 N/m³

Perhitungan beban Top Load

Estimasi besar beban *top load* dapat dicari dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.4. Secara kasar dapat ditentukan pula luas geladak (dengan grafik Gambar 2.5), sehingga dari kedua grafik tersebut dapat ditentukan besar gaya-gaya terpusat pada simpul 29-36.

Untuk produksi minyak sebesar 50.000 barrel per hari maka didapatkan :

- Berat kering geladak sebesar 5000 ton
- Luas geladak 30.000 ft²

Dalam aplikasi program ini, besar gaya-gaya terpusat pada simpul 29-36 adalah sebagai berikut [11] :

- Simpul 29-32 : -64,632 kN arah sumbu y global
- Simpul 33-36 : -21,544 kN arah sumbu y global

erikut ini adalah input data yang diberikan pada program aplikasi :

Tabel 5.2 Input data struktur pada program

OFFSHORE STRUCTURE
SIMPUL

NODE	X	Y	Z
1	0	0	0
2	18.4	0	0
3	18.4	0	-18.4
4	0	0	-18.4
5	0.2	2	-0.2
6	18.2	2	-0.2
7	18.2	2	-18.2
8	0.2	2	-18.2
9	2.2	22	-2.2
10	16.2	22	-2.2
11	16.2	22	-16.2
12	2.2	22	-16.2
13	9.2	22	-2.2
14	16.2	22	-9.2
15	9.2	22	-16.2
16	2.2	22	-9.2
17	3.8	38	-3.8
18	14.6	38	-3.8
19	14.6	38	-14.6
20	3.8	38	-14.6
21	7.8	38	-3.8
22	10.6	38	-3.8
23	14.6	38	-7.8
24	14.6	38	-10.6
25	10.6	38	-14.6
26	7.8	38	-14.6
27	3.8	38	-10.6
28	3.8	38	-7.8
29	4.2	42	-4.2
30	14.2	42	-4.2
31	14.2	42	-14.2
32	4.2	42	-14.2
33	9.2	42	-4.2
34	14.2	42	-9.2

8 y 4.2 42 -9.2

;

JENIS ELEMEN

NJE	BJ	E	A	Iz	Iy	J	v	y	z	t	Ty
1	7850	200E9	1.4627E-2	2.7526E-4	2.7526E-4	5.5051E-4	0.25	0.2	0.2	0.012	360E6
2	7850	200E9	5.9690E-3	2.6935E-5	2.6935E-5	5.3870E-5	0.25	0.1	0.1	0.01	360E6

;

KETERSAMBUNGAN

NO1	NO2	JE	JR
1	5	1	5
2	6	1	6
3	7	1	7
4	8	1	8
5	9	1	5
6	10	1	6
7	11	1	7
8	12	1	8
9	17	1	5
10	18	1	6
11	19	1	7
12	20	1	8
17	29	1	5
18	30	1	6
19	31	1	7
20	32	1	8
5	6	2	1
6	7	2	4
7	8	2	2
8	5	2	3
5	13	2	1
6	13	2	1
6	14	2	4
7	14	2	4
7	15	2	2
8	15	2	2
8	16	2	3
5	16	2	3
9	13	2	1
13	10	2	1
10	14	2	4
14	11	2	4
11	15	2	2
15	12	2	2
12	16	2	3

25	35	2	2
26	35	2	2
27	36	2	3
28	36	2	3
29	33	2	1
33	30	2	1
30	34	2	4
34	31	2	4
31	35	2	2
35	32	2	2
32	36	2	3
36	29	2	3

;

GAYA LUAR

No1	No2	Fp	Sb	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Elm
29	29	1	g	0	-64632	0	0	0	0	0
30	30	1	g	0	-64632	0	0	0	0	0
31	31	1	g	0	-64632	0	0	0	0	0
32	32	1	g	0	-64632	0	0	0	0	0
33	33	1	g	0	-21544	0	0	0	0	0
34	34	1	g	0	-21544	0	0	0	0	0
35	35	1	g	0	-21544	0	0	0	0	0
36	36	1	g	0	-21544	0	0	0	0	0

;

JENIS TUMPUAN

NOT	AX	AY	AZ	TX	TY	TZ
1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	0	0	0	0

;

KONDISI BATAS

NO1	NO2	FP	JT
1	4	1	1
5	24	1	2

;

an input data beban-beban lingkungan adalah seperti yang tampak pada tabel-
bel sebagai berikut :

Gambar 5.2 Window input data beban gelombang

The screenshot shows a software window titled "Frame 3D - Input Load Data" with a sub-header "Beban Lingkungan". On the left, there is a sidebar with three radio buttons: "Beban Gelombang" (selected), "Beban Arus", and "Beban Angin". The main area is titled "Beban Gelombang" and contains a section "Data-data yang diperlukan" with the following input fields:

Waktu tahanan:	2	menit
Frekuensi Gelombang:	14.2784	detik
Kecepatan Rambat (awal):	0.01974	m/detik
Waktu Tengg (0.5 - 1.5) s:	1	
Frekuensi Insiden 1/10 < 1/100 s:	2	
Perilaku Struktur:	38	menit
Waktu Tahanan:	0	
Perilaku Struktur:		

At the bottom right, there is a "OK" button.

Gambar 5.3 Window input data beban arus

The screenshot shows the same software window "Frame 3D - Input Load Data" with "Beban Lingkungan" as the sub-header. In the sidebar, the "Beban Arus" radio button is now selected. The main area is titled "Beban Arus" and contains a section "Data-data yang diperlukan" with the following input fields:

Kecepatan arus relatif Wind Load:	0.5658	m/detik
Kecepatan arus relatif Tidal:	0.75	m/detik
Ked. Angin (5.0 - 10) s:	1	
Perilaku Struktur:	38	menit
Waktu Tahanan:	0	
Perilaku Struktur:		

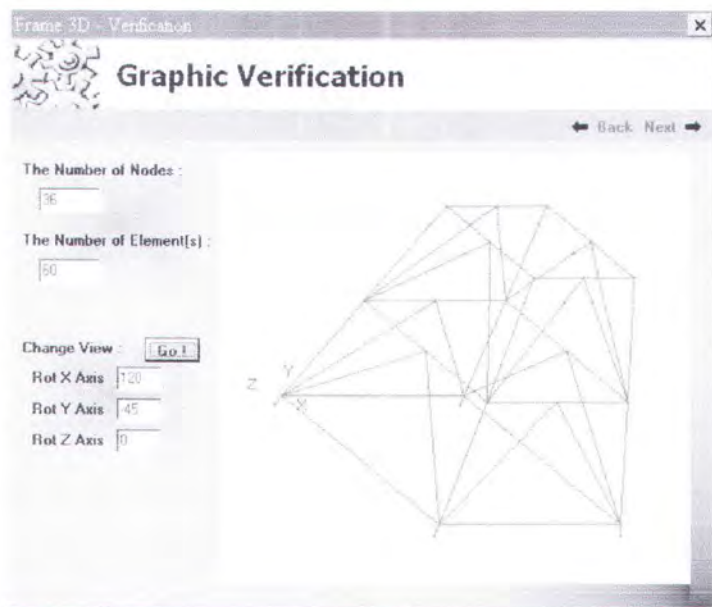
At the bottom right, there is a "OK" button.

Gambar 5.4 Window input data beban angin

This block shows the top portion of the "Frame 3D - Input Load Data" window. The sidebar shows the "Beban Angin" radio button selected. The main title "Beban Lingkungan" is visible, but the specific input fields for wind load are not fully shown in this partial view.

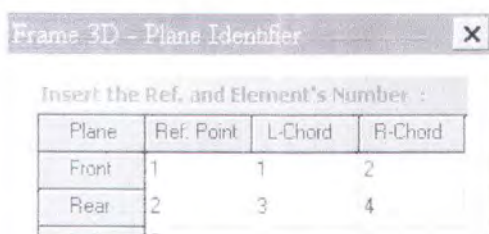
pengecekan input dari koordinat struktur (bentuk struktur) dilakukan sebelum proses perhitungan dilanjutkan.

Gambar 5.5 Window pengecekan bentuk struktur



kemudian input data pendefinisian bidang-bidang pada struktur adalah sebagai berikut :

Gambar 5.6 Window input pendefinisian bidang pada struktur



Tabel 5.3 Displacement pada struktur

Node	u	v	w	Tx	Ty	Tz
1	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000
2	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000
3	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000
4	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000	0.0000E+0000
5	4.2925E-0004	-1.4137E-0004	1.5301E-0005	-2.0986E-0005	-2.1419E-0004	-2.0323E-0004
6	4.3111E-0004	-1.2840E-0004	4.2774E-0007	1.3732E-0005	-2.1254E-0004	-1.9570E-0004
7	4.3108E-0004	-1.2841E-0004	-4.2812E-0007	-1.3733E-0005	2.1254E-0004	-1.9567E-0004
8	4.2923E-0004	-1.4137E-0004	-1.5297E-0005	2.0987E-0005	2.1419E-0004	-2.0320E-0004
9	2.3379E-0003	-1.2775E-0003	-4.2606E-0005	-3.0629E-0004	-1.4485E-0003	1.9567E-0004
10	2.3374E-0003	-1.0677E-0003	3.6394E-0005	1.0382E-0005	-1.4321E-0003	4.9307E-0004
11	2.3374E-0003	-1.0677E-0003	-3.6409E-0005	-1.0384E-0005	1.4321E-0003	4.9309E-0004
12	2.3379E-0003	-1.2775E-0003	4.2621E-0005	3.0629E-0004	1.4485E-0003	1.9569E-0004
13	2.2459E-0003	-6.4589E-0004	-3.5690E-0003	-2.1115E-0004	6.3046E-0004	6.7236E-0004
14	1.0780E-0002	7.4918E-0004	-7.0500E-0010	2.1659E-0010	-6.6686E-0010	2.7866E-0003
15	2.2459E-0003	-6.4589E-0004	3.5690E-0003	2.1115E-0004	-6.3047E-0004	6.7237E-0004
16	1.8134E-0002	-2.0624E-0003	7.1605E-0010	-2.1439E-0010	-6.3952E-0010	2.4025E-0003
17	6.9702E-0003	-2.3083E-0003	-9.8975E-0004	5.4658E-0005	-1.2575E-0003	9.2425E-0004
18	4.9124E-0003	-1.3638E-0003	-1.0604E-0003	3.1127E-0004	-1.2432E-0003	5.5408E-0004
19	4.9124E-0003	-1.3638E-0003	1.0604E-0003	-3.1127E-0004	1.2432E-0003	5.5408E-0004
20	6.9702E-0003	-2.3083E-0003	9.8975E-0004	-5.4658E-0005	1.2575E-0003	9.2425E-0004
21	1.4364E-0002	-6.0158E-0003	-5.0858E-0003	2.9639E-0004	1.7631E-0004	3.5043E-0003
22	6.9054E-0003	-6.7821E-0004	-6.6931E-0003	6.4479E-0004	-1.0530E-0004	1.4315E-0003
23	1.3515E-0002	-1.0054E-0003	-3.9171E-0003	1.2159E-0003	-1.0760E-0003	3.6427E-0003
24	1.9516E-0002	-1.0054E-0003	3.9171E-0003	-1.2159E-0003	1.0762E-0003	3.6430E-0003
25	6.9054E-0003	-6.7819E-0004	6.6931E-0003	-6.4479E-0004	1.0531E-0004	1.4315E-0003
26	1.4364E-0002	-6.0158E-0003	5.0858E-0003	-2.9638E-0004	-1.7630E-0004	3.5043E-0003
27	3.1537E-0002	-5.7575E-0003	3.6697E-0003	-9.0481E-0004	1.3704E-0003	4.6242E-0003
28	3.1537E-0002	-5.7575E-0003	-3.6697E-0003	9.0483E-0004	-1.3702E-0003	4.6239E-0003
29	3.0174E-0003	-1.9204E-0003	-4.4187E-0005	1.2991E-0004	-1.1273E-0003	1.1483E-0003
30	2.9374E-0003	-1.5544E-0003	-3.5771E-0005	3.8675E-0004	-1.1134E-0003	6.2647E-0004

Tabel 5.4 Reaksi tumpuan pada struktur

Node	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	-3.1757E+0003	1.4179E+0005	-1.3313E+0004	1.3328E+0003	6.4393E+0003	2.2993E+0004
2	-4.0178E+0004	2.4209E+0005	-2.3649E+0004	2.8955E+0002	6.4070E+0003	2.1407E+0004
3	-4.0178E+0004	2.4209E+0005	2.3649E+0004	-2.8953E+0002	-6.4071E+0003	2.1406E+0004
4	-3.1756E+0003	1.4179E+0005	1.3313E+0004	-1.3328E+0003	-6.4394E+0003	2.2997E+0004

Tabel 5.5 Tegangan pada struktur

Elemen	Axial	Shear Y	Shear Z	Torsi	Bending Y	Bending Z
1	9.6666E+0006	-4.7202E+0006	2.3552E+0005	1.5370E+0006	6.6731E+0005	-1.7093E+0007
1	-9.6666E+0006	4.7202E+0006	2.3552E+0005	-1.5370E+0006	5.9671E+0005	-8.2398E+0006
2	1.6819E+0007	-1.9540E+0005	4.3454E+0006	1.5243E+0006	-1.5934E+0007	-6.7257E+0005
2	-1.6819E+0007	1.9540E+0005	-4.3454E+0006	-1.5243E+0006	-7.3870E+0006	-3.7616E+0005
3	1.6819E+0007	4.3471E+0006	-1.5237E+0005	-1.5243E+0006	5.1476E+0005	1.5939E+0007
3	-1.6819E+0007	-4.3471E+0006	1.5237E+0005	1.5243E+0006	3.0299E+0005	7.3910E+0006
4	9.6666E+0006	-1.8878E+0005	-4.7222E+0006	-1.5370E+0006	1.7098E+0007	-4.9805E+0005
4	-9.6666E+0006	1.8878E+0005	4.7222E+0006	1.5370E+0006	8.2458E+0006	-5.1510E+0005
5	9.2619E+0006	-5.7925E+0003	3.3245E+0004	1.0217E+0006	-5.7850E+0005	3.8736E+0005
5	-9.2619E+0006	5.7925E+0003	-3.3245E+0004	-1.0217E+0006	-1.2057E+0006	-6.9824E+0005
6	1.1081E+0007	2.8548E+0004	6.9114E+0004	1.0103E+0006	-7.3529E+0005	5.1916E+0005
6	-1.1081E+0007	-2.8548E+0004	-6.9114E+0004	-1.0103E+0006	-2.9740E+0006	1.0130E+0006
7	1.1081E+0007	6.8839E+0004	2.9231E+0004	-1.0103E+0006	-5.2642E+0005	7.3042E+0005
7	-1.1081E+0007	-6.8839E+0004	-2.9231E+0004	1.0103E+0006	-1.0424E+0006	2.9641E+0006
8	9.2619E+0006	3.3301E+0004	-5.4727E+0003	-1.0217E+0006	-3.9279E+0005	5.7464E+0005
8	-9.2619E+0006	-3.3301E+0004	5.4727E+0003	1.0217E+0006	6.8650E+0005	1.2126E+0006
9	5.7469E+0006	-4.9362E+0005	5.5799E+0004	-1.5121E+0005	3.3759E+0005	-8.7554E+0006
9	-5.7469E+0006	4.9362E+0005	5.5799E+0004	1.5121E+0005	2.0582E+0006	-1.2438E+0007
10	5.4801E+0006	-6.6298E+0004	3.7661E+0005	-1.4975E+0005	-7.8960E+0006	-6.3561E+0005
10	-5.4801E+0006	6.6298E+0004	-3.7661E+0005	1.4975E+0005	-8.2741E+0006	-2.2109E+0006
11	5.4801E+0006	3.7725E+0005	-6.2566E+0004	1.4977E+0005	5.5741E+0005	7.9020E+0006
11	-5.4801E+0006	-3.7725E+0005	6.2566E+0004	-1.4977E+0005	2.1289E+0006	8.2956E+0006
12	5.7469E+0006	-4.9362E+0005	5.5799E+0004	-1.5121E+0005	3.3759E+0005	-8.7554E+0006
12	-5.7469E+0006	4.9362E+0005	5.5799E+0004	1.5121E+0005	2.0582E+0006	-1.2438E+0007

Lanjutan ...

Elemen	Axial	Shear Y	Shear Z	Torsi	Bending Y	Bending Z
16	5.0003E+0006	2.4626E+0005	7.5856E+0005	4.5197E+0005	-6.4134E+0006	1.9349E+0006
16	-5.0003E+0006	-2.4626E+0005	-7.5856E+0005	-4.5197E+0005	-1.7288E+0006	7.0841E+0005
17	-2.0610E+0004	-2.9472E+0004	2.5731E+0004	-1.5430E+0004	-1.2840E+0006	-1.4780E+0006
17	2.0610E+0004	2.9472E+0004	-2.5731E+0004	1.5430E+0004	-1.2820E+0006	-1.4610E+0006
18	-9.5096E+0003	-1.8637E-0002	-6.9686E-0002	1.4006E+0001	-4.7300E+0005	-1.6632E+0004
18	9.5096E+0003	1.8637E-0002	6.9686E-0002	-1.4006E+0001	4.7301E+0005	1.6630E+0004
19	-2.0599E+0004	2.9468E+0004	-2.5732E+0004	1.5431E+0004	1.2820E+0006	1.4608E+0006
19	2.0599E+0004	-2.9468E+0004	2.5732E+0004	-1.5431E+0004	1.2840E+0006	1.4778E+0006
20	-3.3999E+0004	-2.0853E-0002	-2.6235E-0002	1.2751E+0001	4.7826E+0005	9.5577E+0002
20	3.3999E+0004	2.0853E-0002	2.6235E-0002	-1.2751E+0001	-4.7826E+0005	-9.5785E+0002
21	-5.5260E+0006	2.9665E+0004	-1.5569E+0003	-2.2153E+0005	-3.4223E+0005	9.4216E+0005
21	5.5260E+0006	-2.9665E+0004	1.5569E+0003	2.2153E+0005	5.3219E+0005	2.6773E+0006
22	8.0595E+0006	-2.9492E+0004	-1.3290E+0004	-2.8285E+0005	7.1794E+0005	-9.3857E+0005
22	-8.0595E+0006	2.9492E+0004	1.3290E+0004	2.8285E+0005	9.0366E+0005	-2.6598E+0006
23	1.2964E+0006	-7.3086E+0001	-1.4384E+0005	3.7216E+0005	6.2241E+0006	-1.1255E+0004
23	-1.2964E+0006	7.3086E+0001	1.4384E+0005	-3.7216E+0005	1.1325E+0007	2.3382E+0003
24	1.2964E+0006	-7.3091E+0001	1.4384E+0005	-3.7215E+0005	-6.2242E+0006	-1.1255E+0004
24	-1.2964E+0006	7.3091E+0001	-1.4384E+0005	3.7215E+0005	-1.1325E+0007	2.3373E+0003
25	8.0595E+0006	-2.9494E+0004	1.3290E+0004	2.8286E+0005	-7.1794E+0005	-9.3870E+0005
25	-8.0595E+0006	2.9494E+0004	-1.3290E+0004	-2.8286E+0005	-9.0367E+0005	-2.6599E+0006
26	-5.5260E+0006	2.9667E+0004	1.5569E+0003	2.2154E+0005	3.4223E+0005	9.4228E+0005
26	5.5260E+0006	-2.9667E+0004	-1.5569E+0003	-2.2154E+0005	-3.3220E+0005	2.6774E+0006
27	1.2361E+0006	2.7322E+0002	1.5794E+0005	-3.1548E+0005	-7.3956E+0006	1.7059E+0004
27	-1.2361E+0006	-2.7322E+0002	-1.5794E+0005	3.1548E+0005	-1.1874E+0007	1.6277E+0004
28	1.2361E+0006	2.7322E+0002	-1.5794E+0005	3.1548E+0005	7.3955E+0006	1.7059E+0004
28	-1.2361E+0006	-2.7322E+0002	1.5794E+0005	-3.1548E+0005	1.1874E+0007	1.6276E+0004
29	2.6283E+0006	2.2164E+0005	8.3804E+0005	-1.0872E+0005	-2.2025E+0007	2.3515E+0006
29	-2.6283E+0006	-2.2164E+0005	-8.3804E+0005	1.0872E+0005	-1.0475E+0007	6.2441E+0006
30	-2.6133E+0006	5.7526E+0005	-3.9788E+0004	-2.5319E+0005	6.5845E+0006	1.2250E+0007
30	2.6133E+0006	-5.7526E+0005	3.9788E+0004	2.5319E+0005	-5.0415E+0006	1.0058E+0007
31	-1.0400E+0005	-1.8065E+0005	-4.5353E+0005	2.6211E+0006	4.7197E+0006	-3.8806E+0006

Lanjutan ...

Elemen	Axial	Shear Y	Shear Z	Torsi	Bending Y	Bending Z
36	1.2175E+0005	1.7038E+0005	-1.3443E+0006	2.5221E+0006	3.0273E+0007	2.8545E+0006
36	-1.2175E+0005	-1.7038E+0005	1.3443E+0006	-2.5221E+0006	2.1862E+0007	3.7725E+0006
37	2.3039E+0005	3.7741E+0005	8.7961E+0004	-6.6442E+0005	-3.9777E+0006	1.3744E+0007
37	-2.3039E+0005	-3.7741E+0005	-8.7961E+0004	6.6442E+0005	-4.3199E+0006	2.1858E+0007
38	5.9557E+0006	-1.7254E+0005	-6.2065E+0004	-4.4634E+0005	1.7497E+0006	-6.8863E+0006
38	-5.9557E+0006	1.7254E+0005	6.2065E+0004	4.4634E+0005	4.1050E+0006	-9.3902E+0006
39	3.1264E+0006	1.0376E+0005	-3.7752E+0005	3.8272E+0005	1.4222E+0007	3.7267E+0006
39	-3.1264E+0006	-1.0376E+0005	3.7752E+0005	-3.8272E+0005	2.1391E+0007	6.6280E+0006
40	3.1264E+0006	1.0376E+0005	3.7755E+0005	-3.8282E+0005	-1.4222E+0007	3.7267E+0006
40	-3.1264E+0006	-1.0376E+0005	-3.7755E+0005	3.8282E+0005	-2.1392E+0007	6.6280E+0006
41	5.9556E+0006	-1.7255E+0005	6.2064E+0004	4.4634E+0005	-1.7497E+0006	-6.8864E+0006
41	-5.9556E+0006	1.7255E+0005	-6.2064E+0004	-4.4634E+0005	-4.1050E+0006	-9.3904E+0006
42	2.3041E+0005	3.7741E+0005	-8.7961E+0004	6.6442E+0005	3.9777E+0006	1.3744E+0007
42	-2.3041E+0005	-3.7741E+0005	8.7961E+0004	-6.6442E+0005	4.3199E+0006	2.1858E+0007
43	3.0595E+0006	1.0030E+0005	5.3148E+0005	-5.9635E+0005	-2.0079E+0007	3.3247E+0006
43	-3.0595E+0006	-1.0030E+0005	-5.3148E+0005	5.9635E+0005	-3.0057E+0007	6.1375E+0006
44	3.0595E+0006	1.0030E+0005	-5.3146E+0005	5.9625E+0005	2.0078E+0007	3.3247E+0006
44	-3.0595E+0006	-1.0030E+0005	5.3146E+0005	-5.9625E+0005	3.0056E+0007	6.1375E+0006
45	-4.5269E+0005	-1.6946E+0006	-2.3822E+0005	-1.3633E+0006	3.8332E+0006	-7.0575E+0006
45	4.5269E+0005	1.6946E+0006	2.3822E+0005	1.3633E+0006	1.7848E+0006	-3.2907E+0007
46	5.0966E+0006	-2.2316E+0005	2.6412E+0005	-1.1605E+0006	-4.6025E+0006	-5.7344E+0006
46	-5.0966E+0006	2.2316E+0005	-2.6412E+0005	1.1605E+0006	-1.6262E+0006	4.7150E+0005
47	2.3286E+0006	-1.0015E+0006	4.6818E+0005	-2.3351E+0006	-5.7829E+0006	-6.6280E+0006
47	-2.3286E+0006	1.0015E+0006	-4.6818E+0005	2.3351E+0006	-5.2582E+0006	-1.6992E+0007
48	2.3286E+0006	-1.0015E+0006	-4.6816E+0005	2.3355E+0006	5.7815E+0006	-6.6280E+0006
48	-2.3286E+0006	1.0015E+0006	4.6816E+0005	-2.3355E+0006	5.2592E+0006	-1.6992E+0007
49	5.0966E+0006	-2.2317E+0005	2.6412E+0005	1.1605E+0006	4.6025E+0006	-5.7345E+0006
49	-5.0966E+0006	2.2317E+0005	-2.6412E+0005	-1.1605E+0006	1.6262E+0006	4.7154E+0005
50	-4.5267E+0005	-1.6946E+0006	2.3822E+0005	1.3633E+0006	-3.8332E+0006	-7.0574E+0006
50	4.5267E+0005	1.6946E+0006	-2.3822E+0005	-1.3633E+0006	-1.7848E+0006	-3.2907E+0007
51	2.3173E+0006	-9.3357E+0005	-9.7735E+0005	2.1494E+0006	1.4298E+0007	-6.1375E+0006

Lanjutan ...

Elemen	Axial	Shear Y	Shear Z	Torsi	Bending Y	Bending Z
56	1.4309E+0006	-1.6520E+0005	-8.4343E+0004	-4.2566E+0006	-3.4172E+0006	-1.1920E+0006
56	-1.4309E+0006	1.6520E+0005	8.4343E+0004	4.2566E+0006	5.7536E+0006	-3.3843E+0006
57	8.8955E+0005	-1.1127E+0006	4.5796E+0005	-5.6650E+0005	9.8293E+0004	-1.4447E+0007
57	-8.8955E+0005	1.1127E+0006	-4.5796E+0005	5.6650E+0005	-1.2784E+0007	-1.6375E+0007
58	2.3103E+0006	-1.4041E+0006	-1.7647E+0006	9.7744E+0005	1.7737E+0007	-1.8339E+0007
58	-2.3103E+0006	1.4041E+0006	1.7647E+0006	-9.7744E+0005	3.1146E+0007	-2.0554E+0007
59	1.7674E+0006	1.2409E+0005	2.1451E+0006	-5.8485E+0006	-2.5275E+0007	2.6846E+0006
59	-1.7674E+0006	-1.2409E+0005	-2.1451E+0006	5.8485E+0006	-3.4146E+0007	7.5301E+0005
60	1.7674E+0006	-1.2409E+0005	-2.1451E+0006	5.8485E+0006	3.4147E+0007	-7.5302E+0005
60	-1.7674E+0006	1.2409E+0005	2.1451E+0006	-5.8485E+0006	2.5276E+0007	-2.6846E+0006

Tabel 5.6 Pengecekan 1 pada struktur

Elemen	Axial	Shear Y	Shear Z	Torsion
1	OK	OK	OK	OK
2	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	OK	OK
4	OK	OK	OK	OK
5	OK	OK	OK	OK
6	OK	OK	OK	OK
7	OK	OK	OK	OK
8	OK	OK	OK	OK
9	OK	OK	OK	OK
10	OK	OK	OK	OK
11	OK	OK	OK	OK
12	OK	OK	OK	OK
13	OK	OK	OK	OK
14	OK	OK	OK	OK
15	OK	OK	OK	OK
16	OK	OK	OK	OK
17	OK	OK	OK	OK
18	OK	OK	OK	OK
19	OK	OK	OK	OK
20	OK	OK	OK	OK
21	OK	OK	OK	OK
22	OK	OK	OK	OK
23	OK	OK	OK	OK
24	OK	OK	OK	OK
25	OK	OK	OK	OK
26	OK	OK	OK	OK
27	OK	OK	OK	OK
28	OK	OK	OK	OK
29	OK	OK	OK	OK
30	OK	OK	OK	OK

Lanjutan ...

Elemen	Axial	Shear Y	Shear Z	Torsion
37	OK	OK	OK	OK
38	OK	OK	OK	OK
39	OK	OK	OK	OK
40	OK	OK	OK	OK
41	OK	OK	OK	OK
42	OK	OK	OK	OK
43	OK	OK	OK	OK
44	OK	OK	OK	OK
45	OK	OK	OK	OK
46	OK	OK	OK	OK
47	OK	OK	OK	OK
48	OK	OK	OK	OK
49	OK	OK	OK	OK
50	OK	OK	OK	OK
51	OK	OK	OK	OK
52	OK	OK	OK	OK
53	OK	OK	OK	OK
54	OK	OK	OK	OK
55	OK	OK	OK	OK
56	OK	OK	OK	OK
57	OK	OK	OK	OK
58	OK	OK	OK	OK
59	OK	OK	OK	OK
60	OK	OK	OK	OK

Tabel 5.7 Pengecekan 2 pada struktur

Elemen	Bending Y	Bending Z	Combined	Hoop Stress
1	OK	OK	OK	OK
2	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	OK	OK
4	OK	OK	OK	OK
5	OK	OK	OK	OK
6	OK	OK	OK	OK
7	OK	OK	OK	OK
8	OK	OK	OK	OK
9	OK	OK	OK	OK
10	OK	OK	OK	OK
11	OK	OK	OK	OK
12	OK	OK	OK	OK
13	OK	OK	OK	OK
14	OK	OK	OK	OK
15	OK	OK	OK	OK
16	OK	OK	OK	OK
17	OK	OK	OK	OK
18	OK	OK	OK	OK
19	OK	OK	OK	OK
20	OK	OK	OK	OK
21	OK	OK	OK	OK
22	OK	OK	OK	OK
23	OK	OK	OK	OK
24	OK	OK	OK	OK
25	OK	OK	OK	OK
26	OK	OK	OK	OK
27	OK	OK	OK	OK
28	OK	OK	OK	OK

Lanjutan ...

Elemen	Bending Y	Bending Z	Combined	Hoop Stress
37	OK	OK	OK	OK
38	OK	OK	OK	OK
39	OK	OK	OK	OK
40	OK	OK	OK	OK
41	OK	OK	OK	OK
42	OK	OK	OK	OK
43	OK	OK	OK	OK
44	OK	OK	OK	OK
45	OK	OK	OK	OK
46	OK	OK	OK	OK
47	OK	OK	OK	OK
48	OK	OK	OK	OK
49	OK	OK	OK	OK
50	OK	OK	OK	OK
51	OK	OK	OK	OK
52	OK	OK	OK	OK
53	OK	OK	OK	OK
54	OK	OK	OK	OK
55	OK	OK	OK	OK
56	OK	OK	OK	OK
57	OK	OK	OK	OK
58	OK	OK	OK	OK
59	OK	OK	OK	OK
60	OK	OK	OK	OK

Tabel 5.8 Pengecekan 3 pada struktur

Plane	Node	Elemen	Tubular Joint
Front	5	17	OK
Front	5	21	OK
Front	9	29	OK
Front	9	37	OK
Front	29	53	OK
Front	6	17	OK
Front	6	22	OK
Front	10	30	OK
Front	10	38	OK
Front	30	54	OK
Back	7	19	OK
Back	7	25	OK
Back	11	33	OK
Back	11	41	OK
Back	31	57	OK
Back	8	19	OK
Back	8	26	OK
Back	12	34	OK
Back	12	42	OK
Back	32	58	OK
Left	5	20	OK
Left	5	28	OK
Left	9	36	OK
Left	9	44	OK
Left	29	60	OK
Left	8	20	OK
Left	8	27	OK
Left	12	35	OK
Left	12	43	OK
Left	32	59	OK
Right	6	18	OK
Right	6	23	OK

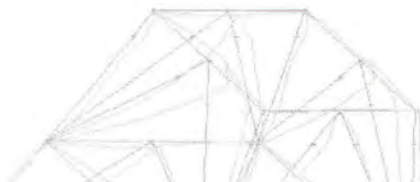
Tabel 5.9 Pengecekan 4 pada struktur

Punching Shear

Plane	Node	Elemen	Axial	In Plane	Out of Plane
Front	5	29	OK	OK	OK
Front	9	37	OK	OK	OK
Front	29	53	OK	OK	OK
Front	30	54	OK	OK	OK
Back	7	19	OK	OK	OK
Back	7	25	OK	OK	OK
Back	11	30	OK	OK	OK
Back	11	41	OK	OK	OK
Back	31	57	OK	OK	OK
Back	8	19	OK	OK	OK
Back	8	26	OK	OK	OK
Back	32	58	OK	OK	OK
Left	9	36	OK	OK	OK
Left	9	44	OK	OK	OK
Left	29	60	OK	OK	OK
Left	8	20	OK	OK	OK
Left	8	27	OK	OK	OK
Left	32	59	OK	OK	OK
Right	6	18	OK	OK	OK
Right	6	23	OK	OK	OK
Right	30	55	OK	OK	OK
Right	11	32	OK	OK	OK
Right	11	40	OK	OK	OK
Right	31	56	OK	OK	OK

an bentuk struktur sebelum dan setelah diberi beban adalah sebagai berikut :

Gambar 5.7 Window gambar struktur



nalisa

Hasil perhitungan/pengecekan persyaratan API (tabel 5.6 – 5.9) menunjukan bahwa :

- Pengecekan 1 yang terdiri dari pemeriksaan tegangan aksial, tegangan geser Y, tegangan geser Z dan tegangan geser akibat torsi, seluruh elemen telah memenuhi persyaratan
- Pengecekan 2 yang terdiri dari pemeriksaan tegangan akibat moment Y, tegangan akibat moment Z, tegangan kombinasi dan tegangan hoop, seluruh elemen telah memenuhi persyaratan
- Pengecekan 3, yaitu pengecekan *tubular joint*, seluruh elemen *brace* telah memenuhi persyaratan
- Pengecekan 4, yaitu pengecekan *punching shear* untuk ketiga tegangan yang terjadi (*axial stress*, *in plane bending stress* dan *out of plane bending stress*), seluruh elemen *brace* telah memenuhi persyaratan

Terpenuhinya keseluruhan persyaratan dari API menunjukkan bahwaelayakan struktur bangunan laut telah terpenuhi dari segi kekuatannya. Namun demikian, ada baiknya untuk melihat *ratio* tegangan yang terjadi terhadap tegangan ijin seperti yang terlihat pada tabel-tabel berikut :

Tabel 5.10 Rasio Tegangan I

-	Tegangan Axial Ijin		Ratio Teg. Axial	Teg. Geser Y	Teg. Geser Y Ijin	Ratio Teg. Geser Y	Teg. Geser Z	Teg. Geser Z Ijin	Ratio Teg. Geser Z
	Tarik (+)	Tekan (-)							
9	-	207.34806	4.662%	4.72017	144.00000	3.278%	0.23552	144.00000	0.164%
40	-	207.34806	8.112%	0.19540	144.00000	0.136%	4.34540	144.00000	3.018%
38	-	207.34806	8.112%	4.34713	144.00000	3.019%	0.15237	144.00000	0.106%
0	-	207.34806	4.662%	0.18878	144.00000	0.131%	4.72224	144.00000	3.279%
6	-	47.50031	19.499%	0.00579	144.00000	0.004%	0.03324	144.00000	0.023%
33	-	47.50031	23.329%	0.02855	144.00000	0.020%	0.06911	144.00000	0.048%
32	-	47.50031	23.329%	0.06884	144.00000	0.048%	0.02923	144.00000	0.020%
7	-	47.50031	19.499%	0.03330	144.00000	0.023%	0.00547	144.00000	0.004%
2	-	74.21924	7.743%	0.49362	144.00000	0.343%	0.05580	144.00000	0.039%
8	-	74.21924	7.384%	0.06630	144.00000	0.046%	0.37661	144.00000	0.262%
8	-	74.21924	7.384%	0.37725	144.00000	0.262%	0.06257	144.00000	0.043%
1	-	74.21924	7.743%	0.05091	144.00000	0.035%	0.49415	144.00000	0.343%
9	-	195.41982	2.559%	0.75608	144.00000	0.525%	0.25376	144.00000	0.176%
0	-	195.41982	2.398%	0.24956	144.00000	0.173%	0.25804	144.00000	0.179%
0	-	195.41982	2.398%	0.26049	144.00000	0.181%	0.24699	144.00000	0.172%
9	-	195.41982	2.559%	0.24626	144.00000	0.171%	0.75856	144.00000	0.527%
	216.00000	-	0.010%	0.02947	144.00000	0.020%	0.02573	144.00000	0.018%
	216.00000	-	0.004%	0.00000	144.00000	0.000%	0.00000	144.00000	0.000%
	216.00000	-	0.010%	0.02947	144.00000	0.020%	0.02573	144.00000	0.018%
	216.00000	-	0.016%	0.00000	144.00000	0.000%	0.00000	144.00000	0.000%
	216.00000	-	2.558%	0.02967	144.00000	0.021%	0.00156	144.00000	0.001%
1	-	9.58205	84.111%	0.02949	144.00000	0.020%	0.01329	144.00000	0.009%
7	-	9.58205	13.529%	0.00007	144.00000	0.000%	0.14384	144.00000	0.100%
7	-	9.58205	13.529%	0.00007	144.00000	0.000%	0.14384	144.00000	0.100%
0	-	9.58205	84.110%	0.02949	144.00000	0.020%	0.01329	144.00000	0.009%
	216.00000	-	2.558%	0.02967	144.00000	0.021%	0.00156	144.00000	0.001%
4	-	9.58205	12.901%	0.00027	144.00000	0.000%	0.15794	144.00000	0.110%
5	-	9.58205	12.901%	0.00027	144.00000	0.000%	0.15794	144.00000	0.110%
4	-	94.83412	2.772%	0.22164	144.00000	0.154%	0.83804	144.00000	0.582%
	216.00000	-	1.210%	0.57526	144.00000	0.399%	0.03979	144.00000	0.028%

-	Tegangan Axial Ijin		Ratio Teg. Axial	Teg. Geser Y	Teg. Geser Y Ijin	Ratio Teg. Geser Y	Teg. Geser Z	Teg. Geser Z Ijin	Ratio Teg. Geser Z
	Tarik (+)	Tekan (-)							
	216.00000	-	0.048%	0.18065	144.00000	0.125%	0.45353	144.00000	0.315%
	216.00000	-	0.048%	0.18065	144.00000	0.125%	0.45352	144.00000	0.315%
	216.00000	-	1.210%	0.57527	144.00000	0.399%	0.03978	144.00000	0.028%
4	-	94.83412	2.772%	0.22166	144.00000	0.154%	0.83805	144.00000	0.582%
5	-	94.83412	0.128%	0.17088	144.00000	0.119%	1.34433	144.00000	0.934%
5	-	94.83412	0.128%	0.17088	144.00000	0.119%	1.34434	144.00000	0.934%
9	-	16.02958	1.437%	0.37741	144.00000	0.262%	0.08796	144.00000	0.061%
6	-	16.02958	37.154%	0.17254	144.00000	0.120%	0.06206	144.00000	0.043%
8	-	16.02958	19.504%	0.10977	144.00000	0.076%	0.37752	144.00000	0.262%
9	-	16.02958	19.504%	0.10977	144.00000	0.076%	0.37755	144.00000	0.262%
3	-	16.02958	37.154%	0.17255	144.00000	0.120%	0.06206	144.00000	0.043%
1	-	16.02958	1.437%	0.37741	144.00000	0.262%	0.08796	144.00000	0.061%
7	-	16.02958	19.086%	0.10031	144.00000	0.070%	0.53148	144.00000	0.369%
7	-	16.02958	19.086%	0.10031	144.00000	0.070%	0.53146	144.00000	0.369%
	216.00000	-	0.210%	1.69463	144.00000	1.177%	0.23822	144.00000	0.165%
8	-	157.61342	3.234%	0.22316	144.00000	0.155%	0.26412	144.00000	0.183%
3	-	157.61342	1.477%	1.00154	144.00000	0.696%	0.46818	144.00000	0.325%
3	-	157.61342	1.477%	1.00154	144.00000	0.696%	0.46816	144.00000	0.325%
5	-	157.61342	3.234%	0.22317	144.00000	0.155%	0.26412	144.00000	0.183%
	216.00000	-	0.210%	1.69462	144.00000	1.177%	0.23822	144.00000	0.165%
1	-	157.61342	1.470%	0.93357	144.00000	0.648%	0.97735	144.00000	0.679%
1	-	157.61342	1.470%	0.93357	144.00000	0.648%	0.97737	144.00000	0.679%
5	-	142.48817	1.621%	1.40405	144.00000	0.975%	1.76465	144.00000	1.225%
6	-	142.48817	0.624%	1.11267	144.00000	0.773%	0.45796	144.00000	0.318%
6	-	142.48817	1.004%	0.16520	144.00000	0.115%	0.08432	144.00000	0.059%
6	-	142.48817	1.004%	0.16520	144.00000	0.115%	0.08434	144.00000	0.059%
6	-	142.48817	0.624%	1.11267	144.00000	0.773%	0.45796	144.00000	0.318%
5	-	142.48817	1.621%	1.40405	144.00000	0.975%	1.76465	144.00000	1.225%
3	-	142.48817	1.240%	0.12410	144.00000	0.086%	2.14512	144.00000	1.490%
3	-	142.48817	1.240%	0.12410	144.00000	0.086%	2.14514	144.00000	1.490%

Tabel 5.11 Rasio Tegangan 2

Teg. Geser Torsi Ijin	Ratio Teg. Geser Torsi	Teg. Bending Y	Teg. Bending Y Ijin	Ratio Teg. Bending Y	Teg. Bending Z	Teg. Bending Z Ijin	Ratio Teg. Bending Z
144.00000	1.067%	0.66731	264.81600	0.252%	17.09308	264.81600	6.455%
144.00000	1.059%	15.93449	264.81600	6.017%	0.67257	264.81600	0.254%
144.00000	1.059%	0.51476	264.81600	0.194%	15.93979	264.81600	6.019%
144.00000	1.067%	17.09824	264.81600	6.457%	0.51510	264.81600	0.195%
144.00000	0.710%	1.20572	264.81600	0.455%	0.69824	264.81600	0.264%
144.00000	0.702%	2.97404	264.81600	1.123%	1.01300	264.81600	0.383%
144.00000	0.702%	1.04240	264.81600	0.394%	2.96411	264.81600	1.119%
144.00000	0.710%	0.68650	264.81600	0.259%	1.21257	264.81600	0.458%
144.00000	0.105%	2.05815	264.81600	0.777%	12.43858	264.81600	4.697%
144.00000	0.104%	8.27409	264.81600	3.124%	2.21091	264.81600	0.835%
144.00000	0.104%	2.12888	264.81600	0.804%	8.29558	264.81600	3.133%
144.00000	0.105%	12.45835	264.81600	4.705%	1.93490	264.81600	0.731%
144.00000	0.314%	1.99830	264.81600	0.755%	6.39395	264.81600	2.414%
144.00000	0.313%	2.21738	264.81600	0.837%	2.21091	264.81600	0.835%
144.00000	0.313%	2.18885	264.81600	0.827%	2.23915	264.81600	0.846%
144.00000	0.314%	6.41341	264.81600	2.422%	1.93490	264.81600	0.731%
144.00000	0.011%	1.28398	270.00000	0.476%	1.47804	270.00000	0.547%
144.00000	0.000%	0.47301	270.00000	0.175%	0.01663	270.00000	0.006%
144.00000	0.011%	1.28402	270.00000	0.476%	1.47784	270.00000	0.547%
144.00000	0.000%	0.47826	270.00000	0.177%	0.00096	270.00000	0.000%
144.00000	0.154%	0.53219	270.00000	0.197%	2.67727	270.00000	0.992%
144.00000	0.196%	0.90366	270.00000	0.335%	2.65977	270.00000	0.985%
144.00000	0.258%	11.32586	270.00000	4.195%	0.01126	270.00000	0.004%
144.00000	0.258%	11.32592	270.00000	4.195%	0.01126	270.00000	0.004%
144.00000	0.196%	0.90367	270.00000	0.335%	2.65987	270.00000	0.985%
144.00000	0.154%	0.53220	270.00000	0.197%	2.67736	270.00000	0.992%
144.00000	0.219%	11.87492	270.00000	4.398%	0.01706	270.00000	0.006%
144.00000	0.219%	11.87486	270.00000	4.398%	0.01706	270.00000	0.006%
144.00000	0.076%	22.02501	270.00000	8.157%	6.24408	270.00000	2.313%
144.00000	0.176%	6.58448	270.00000	2.439%	12.25079	270.00000	4.537%

Teg. Geser Torsi Ijin	Ratio Teg. Geser Torsi	Teg. Bending Y	Teg. Bending Y Ijin	Ratio Teg. Bending Y	Teg. Bending Z	Teg. Bending Z Ijin	Ratio Teg. Bending Z
144.00000	1.820%	12.86866	270.00000	4.766%	3.88060	270.00000	1.437%
144.00000	1.820%	12.86863	270.00000	4.766%	3.88060	270.00000	1.437%
144.00000	0.176%	6.58444	270.00000	2.439%	12.25101	270.00000	4.537%
144.00000	0.076%	22.02522	270.00000	8.157%	6.24430	270.00000	2.313%
144.00000	1.751%	30.27260	270.00000	11.212%	3.77247	270.00000	1.397%
144.00000	1.751%	30.27263	270.00000	11.212%	3.77247	270.00000	1.397%
144.00000	0.461%	4.31992	270.00000	1.600%	21.85787	270.00000	8.096%
144.00000	0.310%	4.10504	270.00000	1.520%	9.39019	270.00000	3.478%
144.00000	0.266%	21.39077	270.00000	7.923%	6.62803	270.00000	2.455%
144.00000	0.266%	21.39214	270.00000	7.923%	6.62803	270.00000	2.455%
144.00000	0.310%	4.10503	270.00000	1.520%	9.39035	270.00000	3.478%
144.00000	0.461%	4.31993	270.00000	1.600%	21.85803	270.00000	8.096%
144.00000	0.414%	30.05702	270.00000	11.132%	6.13746	270.00000	2.273%
144.00000	0.414%	30.05566	270.00000	11.132%	6.13746	270.00000	2.273%
144.00000	0.947%	3.83315	270.00000	1.420%	32.90707	270.00000	12.188%
144.00000	0.806%	4.60247	270.00000	1.705%	5.73442	270.00000	2.124%
144.00000	1.622%	5.78288	270.00000	2.142%	16.99150	270.00000	6.293%
144.00000	1.622%	5.78148	270.00000	2.141%	16.99151	270.00000	6.293%
144.00000	0.806%	4.60247	270.00000	1.705%	5.73453	270.00000	2.124%
144.00000	0.947%	3.83315	270.00000	1.420%	32.90711	270.00000	12.188%
144.00000	1.493%	14.28875	270.00000	5.292%	15.87898	270.00000	5.881%
144.00000	1.492%	14.29015	270.00000	5.293%	15.87898	270.00000	5.881%
144.00000	0.679%	31.14576	270.00000	11.535%	20.55443	270.00000	7.613%
144.00000	0.393%	12.78416	270.00000	4.735%	16.37477	270.00000	6.065%
144.00000	2.956%	5.75342	270.00000	2.131%	3.38432	270.00000	1.253%
144.00000	2.956%	5.75357	270.00000	2.131%	3.38432	270.00000	1.253%
144.00000	0.393%	12.78413	270.00000	4.735%	16.37482	270.00000	6.065%
144.00000	0.679%	31.14580	270.00000	11.535%	20.55441	270.00000	7.613%
144.00000	4.061%	34.14629	270.00000	12.647%	2.68461	270.00000	0.994%
144.00000	4.061%	34.14668	270.00000	12.647%	2.68461	270.00000	0.994%

Tabel 5.12 Rasio Tegangan 3

No. Elemen	Teg. Hoop	Teg. Hoop Ijin	Ratio Teg. Hoop
1	6.47436	79.20000	8.175%
2	6.47436	79.20000	8.175%
3	6.47436	79.20000	8.175%
4	6.47436	79.20000	8.175%
5	6.13950	79.20000	7.752%
6	6.13950	79.20000	7.752%
7	6.13950	79.20000	7.752%
8	6.13950	79.20000	7.752%
9	2.80782	79.20000	3.545%
10	2.80782	79.20000	3.545%
11	2.80782	79.20000	3.545%
12	2.80782	79.20000	3.545%
13	2.80782	79.20000	3.545%
14	2.80782	79.20000	3.545%
15	2.80782	79.20000	3.545%
16	2.80782	79.20000	3.545%
17	3.68370	220.00000	1.674%
18	3.68370	220.00000	1.674%
19	3.68370	220.00000	1.674%
20	3.68370	220.00000	1.674%
21	3.68370	220.00000	1.674%
22	3.68370	220.00000	1.674%
23	3.68370	220.00000	1.674%
24	3.68370	220.00000	1.674%
25	3.68370	220.00000	1.674%
26	3.68370	220.00000	1.674%
27	3.68370	220.00000	1.674%
28	3.68370	220.00000	1.674%
29	1.68469	220.00000	0.766%
30	1.68469	220.00000	0.766%
31	1.68469	220.00000	0.766%
32	1.68469	220.00000	0.766%
33	1.68469	220.00000	0.766%
34	1.68469	220.00000	0.766%
35	1.68469	220.00000	0.766%
36	1.68469	220.00000	0.766%
37	1.68469	220.00000	0.766%
38	1.68469	220.00000	0.766%
39	1.68469	220.00000	0.766%
40	1.68469	220.00000	0.766%
41	1.68469	220.00000	0.766%
42	1.68469	220.00000	0.766%
43	1.68469	220.00000	0.766%
44	1.68469	220.00000	0.766%
45	1.68469	220.00000	0.766%

Tabel 5.13 Tabel Rasio Tegangan Gabungan

No. Elemen	Rasio Teg. Gabungan	No. Elemen	Rasio Teg. Gabungan
1	11.122%	31	5.026%
2	14.134%	32	5.026%
3	14.134%	33	6.361%
4	11.122%	34	11.251%
5	20.025%	35	11.427%
6	24.515%	36	11.427%
7	24.515%	37	9.689%
8	20.025%	38	40.950%
9	12.504%	39	27.798%
10	10.618%	40	27.798%
11	10.618%	41	40.950%
12	12.504%	42	9.690%
13	5.088%	43	30.448%
14	3.581%	44	30.448%
15	3.581%	45	12.480%
16	5.088%	46	5.957%
17	0.735%	47	8.125%
18	0.180%	48	8.125%
19	0.735%	49	5.957%
20	0.193%	50	12.480%
21	3.569%	51	9.382%
22	85.151%	52	9.382%
23	17.724%	53	15.442%
24	17.724%	54	8.318%
25	85.151%	55	3.476%
26	3.569%	56	3.476%
27	17.299%	57	8.318%
28	17.299%	58	15.442%
29	11.250%	59	13.926%
30	6.361%	60	13.926%

Dari tabel-tabel rasio tegangan gabungan (tabel 5.13) dapat diketahui bahwa 93,33% elemen penyusun struktur mempunyai harga $Sr > 0,2$. Harga $Sr > 0,2$ menunjukkan bahwa pemakaian material efisien dan optimal.

Untuk beberapa elemen (elemen nomor 22 dan 25), rasio tegangan tekan menunjukkan harga yang besar dibandingkan dengan rasio tegangan elemen-elemen yang lain. Hal ini disebabkan oleh arah dari beban-beban lingkungan yang diterima yaitu arah sumbu x positif global dari struktur.

Selanjutnya pengurangan dimensi struktur adalah hal yang dapat diperbandingkan. Namun yang perlu diperhatikan adalah dengan adanya perubahan dimensi dari struktur, maka respon struktur tersebut terhadap beban-beban yang diterima akan berbeda pula. Demikian pula dengan tegangan ijin. Harga tegangan ijin juga akan berbeda untuk dimensi struktur yang berbeda.

BAB VI

KESIMPULAN

Dari uraian pada bab-bab terdahulu dan berdasarkan analisa hasil aplikasi program, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan *metode elemen hingga* dalam pemeriksaan kekuatan struktur pada tahap perencanaan akan semakin diperlukan seiring *kompleksitas* bentuk struktur yang harus dihadapi oleh perencana.
2. Program aplikasi yang disusun dengan kompiler *Borland Delphi 5.0* dapat digunakan untuk berbagai bentuk struktur bangunan yang memiliki elemen ruang *truss-beam / frame*. Spesifikasi minimum perangkat keras (*hardware*) yang disarankan adalah *processor Pentium II 400MHz* dan memori 32 MB.
3. Khusus untuk struktur bangunan laut, program aplikasi menyediakan input data beban lingkungan yaitu beban gelombang, beban angin dan beban arus.

Gelombang berdasarkan teori gelombang Airy dan perhitungan beban dihitung dengan persamaan Morisson.

- Validasi 1 : pengujian hasil perhitungan *displacement*, reaksi tumpuan dan harga *end-forces* untuk struktur di ruang
- Validasi 2 : pengujian hasil perhitungan untuk tegangan akibat bending moment y dan bending moment z
- Validasi 3 : pengujian hasil perhitungan tegangan akibat gaya aksial dan momen puntir
- Validasi 4 : pengujian hasil perhitungan tegangan akibat gaya-gaya tegak lurus elemen
- Validasi 5 : pengujian hasil perhitungan beban-beban lingkungan yang menghasilkan beban-beban merata pada elemen
- Validasi 6 : pengujian hasil perhitungan/pengecekan persyaratan dari *API RP2A, 1993*

6. Analisa dilakukan terhadap struktur bangunan laut tipe *jacket* dengan dimensi sebagai berikut :

Struktur dibangun dengan bahan baja :

$$\sigma_{yield} = 360 \text{ MPa}$$

$$E = 200 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$$

$$\nu = 0,25$$

$$\text{Berat jenis} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

Chord-member :

$$A = 1,4627255 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$t = 0,012 \text{ m}$$

Struktur dibagi menjadi 36 simpul dan 60 elemen.

7. Beban-beban yang bekerja pada struktur antara lain :

- Beban pada simpul (beban top load) :
 - a. Simpul 29-32 : -64,632 kN arah sumbu y global
 - b. Simpul 33-36 : -21,544 kN arah sumbu y global
- Beban lingkungan :

Data beban gelombang :

Tinggi gelombang (H) = 2 m

Kedalaman perairan (h) = 38 m

Koefisien Drag (C_D) = 1

Koefisien Inersia (C_I) = 2

Periode gelombang (T) = 14,2784 detik

Wave Number awal (k) = $1,974 \times 10^{-2}$

Massa jenis air laut (ρ) = 1025 kg/m^3

Data beban arus :

Kecepatan arus *Wind-drift* = 0,5658 m/det

Kecepatan arus *Tidal* = 0,75 m/det

Koefisien Drag (C_D) = 1

Data beban angin :

Kecepatan angin (30 ft dari bumi) = 56,584 m/det

Berat jenis udara (w) = $11,8843 \text{ N/m}^3$

8. Hasil analisa menunjukkan bahwa struktur telah memenuhi persyaratan dari API untuk kondisi beban yang diterimanya. Namun demikian, dari rasio tegangan, untuk beberapa elemen mempunyai harga yang sangat kecil dari yang diharapkan untuk pemakaian material yang efisien ($S_r > 0,2$). Yaitu sebesar 93.33 % dari jumlah elemen yang menunjukkan

menambahan kemampuan program dalam penentuan dimensi struktur sehingga dapat menghindari perencanaan dengan *trial and error*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Robert D. Cook (1989), *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*, Second Edition, John Willey and Sons
2. William McGuire and Richard H. Gallagher (1979), *Matrix Structural Analysis*, John Willey and Sons
3. Tirupathi R. Chandrupatla and Ashok D. Belegundu (1997), *Introduction to Finite Elements in Engineering*, Second Edition, Prentice-Hall International, Inc.
4. Steven C. Chapra and Raymond P. Canale (1988), *Numerical Methods for Engineers*, Second Edition, McGraw-Hill, Inc.
5. E.P. Popov (1995), *Mekanika Teknik*, Edisi Kedua, Erlangga
6. API-RP 2A (1993), *Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platform*, Twentieth Edition, American Petroleum Institute
7. Mc Clelland B. and Michael D. Reifel (1986), *Planning and Designing of Fixed Offshore Platforms*, Van Nostrand Rienhold Company
8. Turgut Sarpkaya and Michael Isaacson (1981), *Mechanics of Wave Forces on Offshore Structures*, Van Nostrand Rienhold Company
9. Thomas H. Dawson (1983), *Offshore Structural Engineering*, Prentice Hall International, Inc.
10. Andrew Wozniwicz with Namir Shammass (1995), *Teach Yourself Delphi in 21 Days*, First Edition, Sams Publishing
11. Budie Santosa, *Peningkatan Efisiensi Pemakaian Material pada Struktur Jacket Melalui Proses Redesign*, Tesis, Program Pascasarjana, ET

put Data Validasi 1

STRUCTURE

MPUL

ODE	X	Y	Z
0	0	0	0
0	3	0	0
3	3	0	0
6	3	0	0
9	0	3	0

REFERENCE POINT

R	LOKAL	X	Y	Z
y	6	6	0	0
y	-3	0	0	0



ANIS ELEMEN

E	BJ	E	A	Iz	Iy	J	v	y	z	t	Ty
	0	200E9	0.01	1E-3	1E-3	2E-3	0.25	0	0	0	0

TERSAMBUNGAN

01	NO2	JE	JR
2	1	2	2
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	1	1

YA LUAR

1	No2	Fp	Sb	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Elm
	3	1	g	0	0	240000	0	0	0	0
	4	1	g	0	-60000	0	0	0	-180000	0

EBAN ELEMEN

Elm	Jenis	Arah	X1	X2	q1	q2	blank	blank
L	y	0	3	3	-40000	-40000	0	0

ANIS TUMPUAN

AT	AY	AZ	TX	TY	TZ
----	----	----	----	----	----

Input Data Validasi 2-a

STRUCTURE

MPUL

ODE	X	Y	Z
	0	0	0
	1.5	0	0

REFERENCE POINT

R	LOKAL	X	Y	Z
	y	1	1	0

NIS ELEMEN

E	BJ	E	A	Iz	Iy	J	v	y	z	t	Ty
	0	210E9	5.9690E-3	2.6935E-5	2.6935E-5	5.3870E-3	0.25	0.1	0.1	0.1	360E6

TERSAMBUNGAN

01	NO2	JE	JR
	2	1	1

YA LUAR

01	No2	Fp	Sb	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Elm
	1	1	g	0	0	0	0	0	-1012.5	0
	2	1	g	0	0	0	0	0	1012.5	0

NIS TUMPUAN

OT	AX	AY	AZ	TX	TY	TZ
	1	1	1	1	1	0
	0	1	1	1	1	0

NDISI BATAS

01	NO2	FP	JT
	1	1	1
	2	1	2

Input Data Validasi 2-b

STRUCTURE

SAMPUL

CODE	X	Y	Z
	0	0	0
	1.5	0	0

REFERENCE POINT

R	LOKAL	X	Y	Z
	y	1	1	0

SIFAT ELEMEN

E	BJ	E	A	Iz	Iy	J	v	y	z	t	Ty
	0	210E9	5.9690E-3	2.6935E-5	2.6935E-5	5.3870E-3	0.25	0.1	0.1	0.1	360E6

KONDISI SAMPUL

NO1	NO2	JE	JR
	2	1	1

KONDISI LUAR

NO1	NO2	Fp	Sb	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Elm
	1	1	g	0	0	0	0	-1012.5	0	0
	2	1	g	0	0	0	0	1012.5	0	0

KONDISI TUMPUAN

NO1	AX	AY	AZ	TX	TY	TZ
	1	1	1	1	0	1
	0	1	1	1	0	1

KONDISI BATAS

NO1	NO2	FP	JT
	1	1	1
	2	1	2

Input Data Validasi 3-a

STRUCTURE

MPUL

ODE	X	Y	Z
	0	0	0
	1	0	0

REFERENCE POINT

	LOKAL	X	Y	Z
	y	1	1	0

SIFAT ELEMEN

E	BJ	E	A	Iz	Iy	J	v	y	z	t	Ty
	0	210E9	5.9690E-3	2.6935E-5	2.6935E-5	5.3870E-3	0.25	0.1	0.1	0.1	360E6

KONDISI TERSAMBUNGAN

NO1	NO2	JE	JR
	2	1	1

KONDISI BEBAN LUAR

NO1	No2	Fp	Sb	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Elm
	2	1	g	1000	0	0	0	0	0	0

KONDISI TUMPUAN

NO1	AX	AY	AZ	TX	TY	TZ
	1	1	1	1	1	0
	0	1	1	1	1	0

KONDISI BATAS

NO1	NO2	FP	JT
	1	1	1
	2	1	2

put Data Validasi 3-b

STRUCTURE

PUL

DE	X	Y	Z
	0	0	0
	1	0	0

REFERENCE POINT

LOKAL	X	Y	Z
y	1	1	0

SIS ELEMEN

E	BJ	E	A	lz	ly	J	v	y	z	t	Ty
	0	210E9	5.9690E-3	2.6935E-5	2.6935E-5	5.3870E-3	0.25	0.1	0.1	0.1	360E6

TERSAMBUNGAN

1	NO2	JE	JR
	2	1	1

YA LUAR

1	No2	Fp	Sb	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Elm
	2	1	g	0	0	0	1000	0	0	0

SIS TUMPUAN

T	AX	AY	AZ	TX	TY	TZ
	1	1	1	1	1	0
	0	0	0	0	0	0

NDISI BATAS

1	NO2	FP	JT
	1	1	1
	2	1	2

put Data Validasi 4-a

STRUCTURE

MPUL

ODE	X	Y	Z
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0

REFERENCE POINT

R	LOKAL	X	Y	Z
y	1	1	0	0

NIS ELEMEN

E	BJ	E	A	lz	ly	J	v	y	z	t	Ty
0	210E9	5.9690E-3	2.6935E-5	2.6935E-5	5.3870E-3	0.25	0.1	0.1	0.1	360E6	

TERSAMBUNGAN

01	NO2	JE	JR
2	1	1	
3	1	1	

YA LUAR

01	No2	Fp	Sb	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Elm
2	1	g	0	-1000	0	0	0	0	0	0

NIS TUMPUAN

01	AX	AY	AZ	TX	TY	TZ
1	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0

NDISI BATAS

01	NO2	FP	JT
1	1	1	
2	1	2	
3	1	3	

Input Data Validasi 4-b

STRUCTURE

MPUL

CODE	X	Y	Z
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0

REFERENCE POINT

R	LOKAL	X	Y	Z
y	1	1	1	0

ANALISIS ELEMEN

E	BJ	E	A	Iz	Iy	J	v	y	z	t	Ty
0	210E9	5.9690E-3	2.6935E-5	2.6935E-5	5.3870E-3	0.25	0.1	0.1	0.1	0.1	360E6

KONDISI TERSAMBUNGAN

NO1	NO2	JE	JR
2	1	1	1
3	1	1	1

KONDISI AKSI LUAR

NO1	NO2	Fp	Sb	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Elm
2	1	g	0	0	-1000	0	0	0	0	0

ANALISIS TUMPUAN

NO1	AX	AY	AZ	TX	TY	TZ
1	1	1	1	1	0	1
0	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	0	1

KONDISI BATAS

NO1	NO2	FP	JT
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3

Input Data Validasi 5

OFFSHORE STRUCTURE

IMPU

DE	X	Y	Z
	0	0	0
	0	15.24	0
	0	30.38	0
	15.24	0	0
	15.24	15.24	0
	15.24	30.48	0
	0	0	-15.24
	0	15.24	-15.24
	0	30.48	-15.24
	15.24	0	-15.24
	15.24	15.24	-15.24
	15.24	30.48	-15.24

REFERENCE POINT

LOKAL	X	Y	Z
y	7.62	38.1	0
y	7.62	38.1	-15.24
y	0	38.1	-7.62
y	15.24	38.1	-7.62
y	15.24	30.48	0
y	15.24	30.48	-15.24
y	0	30.48	-15.24
y	0	30.48	0

PROPERTIS ELEMEN

E	BJ	E	A	Iz	Iy	J	v	y	z	t	Ty
	7850	200E9	1.4577E-1	2.4518E-2	2.4518E-2	4.9037E-2	0.25	0.6	0.6	0.04	360E6
	7850	200E9	2.7568E-2	1.1793E-3	1.1793E-3	2.3586E-3	0.25	0.3	0.3	0.015	360E6

TERKONDISI SANGGUP

1	NO2	JE	JR
	2	1	5
	3	1	5
	5	2	1
	6	2	1
	5	1	6
	5	1	5

	9	2	3			
	12	2	4			
NDISI TUMPUAN						
T	AX	AY	AZ	TX	TY	TZ
	1	1	1	1	1	1
	0	0	0	0	0	0
NDISI BATAS						
1	NO2	FP	JT			
	10	3	1			
	3	1	2			
	6	1	2			
	9	1	2			
	12	1	2			

beban diberikan sebagai gaya luar dimana besarnya secara bergantian dimasukkan
 da input data program berupa beban akibat gelombang, arus dan angin.

arah beban lingkungan mengikuti sumbu global struktur yaitu dengan arah beban sejajar
 umbu positif x global.

Perhitungan Beban Gelombang

Perhitungan Beban akibat Gelombang

Tinggi Gelombang (H) =	6.096 m
Kedalaman perairan (h) =	24.384 m
Koefisien Drag (C_D) =	1
Koefisien Inersia (C_I) =	2
Periode Gelombang (T) =	7.9265 det
Wave Number awal (k) =	0.0063703 m ⁻¹
Massa jenis air laut (ρ) =	1025 kg/m ³

Member 2-8

Geometri Member

$x =$	0	$cx =$	0
$y =$	15.24	$cy =$	0
diameter =	0.6	$cz =$	1

Perhitungan gelombang

$\omega =$	0.792999973
$k =$	0.068705946

Kecepatan partikel gelombang

$u =$	1.441250692
$v =$	0.327422205

Kecepatan partikel gelombang normal

$V =$	1.47797458
$u_n =$	1.441250692
$v_n =$	0.327422205
$w_n =$	0

Percepatan partikel gelombang

$a_x =$	0.332594398
$a_y =$	-0.892234625

Percepatan partikel gelombang normal

$a_{nx} =$	0.332594398
$a_{ny} =$	-0.892234625
$a_{nz} =$	0

Beban Merata pada member 2-8

$f_x =$	847.19067 N/m
$f_y =$	-368.26619 N/m
$f_z =$	0 N/m

Perhitungan Beban Arus

Perhitungan Beban akibat Arus

Kedalaman perairan (h) =	24.384 m
Kecepatan Wind-drift =	0.5658 m/det
Kecepatan Tidal =	1 m/det
Massa jenis air laut =	1025 kg/m ³
Koefisien Drag =	1

Member 2-8

Geometri Member

x =	0	cx =	0
y =	15.24	cy =	0
diameter =	0.6	cz =	1

Perhitungan kecepatan arus pada member

Uw =	0.353625
Ut =	0.935061

Percepatan partikel

ax =	0
ay =	0

Kecepatan partikel

u =	1.288686
v =	0

Percepatan partikel normal

anx =	0
any =	0
anz =	0

Kecepatan partikel normal

V =	1.288686127
un =	1.288686127
vn =	0
wn =	0

Beban Merata pada member 2-8

fx =	510.66892 N/m
fy =	0 N/m
fz =	0 N/m

Perhitungan Beban Angin

Perhitungan Beban akibat Angin

Kedalaman perairan (h) =	24.384 m
Kecepatan Angin (30 ft) =	56.584 m/det
Berat jenis udara =	11.8843 N/m ³

Member 3-9

Geometri Member

x =	0	cx =	0
y =	30.48	cy =	0
diameter =	0.6	cz =	1
L =	15.24		

Perhitungan kecepatan angin pada member

$$U = 45.063571$$

Kecepatan partikel

$$u = 45.063571$$

$$v = 0$$

Kecepatan partikel normal

$$V = 45.06357089$$

$$un = 45.06357089$$

$$vn = 0$$

$$wn = 0$$

Percepatan partikel

$$ax = 0$$

$$ay = 0$$

Percepatan partikel normal

$$anx = 0$$

$$any = 0$$

$$anz = 0$$

Beban Terpusat pada member 3-9

$$Fx = 5623.828 \text{ N}$$

$$Fy = 0 \text{ N}$$

$$Fz = 0 \text{ N}$$

put Data Validasi 6

FSHORE STRUCTURE

IPUL

DE	X	Y	Z
	0	0	0
	0	7.62	0
	0	15.24	0
	0	30.48	0
	15.24	0	0
	15.24	7.62	0
	15.24	15.24	0
	15.24	30.48	0
	0	0	-15.24
	0	7.62	-15.24
	0	15.24	-15.24
	0	30.48	-15.24
	15.24	0	-15.24
	15.24	7.62	-15.24
	15.24	15.24	-15.24
	15.24	30.48	-15.24

REFERENCE POINT

LOKAL	X	Y	Z
y	7.62	38.1	0
y	7.62	38.1	-15.24
y	0	38.1	-7.62
y	15.24	38.1	-7.62
y	15.24	30.48	0
y	15.24	30.48	-15.24
y	0	30.48	-15.24
y	0	30.48	0

UIS ELEMEN

E	BI	E	A	Iz	Iy	J	v	y	z	t	Ty
	7850	200E9	1.4577E-1	2.4518E-2	2.4518E-2	4.9037E-2	0.25	0.6	0.6	0.04	360E6
	7850	200E9	2.7568E-2	1.1793E-3	1.1793E-3	2.3586E-3	0.25	0.3	0.3	0.015	360E6

TERSAMBUNGAN

1	NO2	JE	JR
	2	1	5

14	1	7
15	1	7
16	1	7
10	2	2
11	2	2
11	2	2
12	2	2
10	1	8
11	1	8
12	1	8
2	2	3
3	2	3
3	2	3
4	2	3

YA LUAR

1	No2	Fp	Sb	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	12	1	g	0	0	0	0	0	0

NIS TUMPUAN

OT	AX	AY	AZ	TX	TY	TZ
	1	1	1	1	1	1
	0	0	0	0	0	0

KONDISI BATAS

01	N02	FP	JT
	13	4	1
	4	1	2
	8	1	2
	12	1	2
	16	1	2

kemudian dilakukan pendefinisian bidang-bidang pada struktur tersebut sesuai

dengan tabel berikut :

Insert the Element's Number :

Plane	Ref Point	L-Chord	R-Chord
-------	-----------	---------	---------

an berikut ini adalah harga-harga tegangan yang akan digunakan dalam perhitungan untuk pengecekan persyaratan API :

NE	Axial	In Plane	Out-of-Plane
4	2.087914E+4	-1.173808E+6	-2.135205E+4
5	1.683456E+4	-1.046873E+6	-2.648322E+4
6	6.083333E+4	-1.403129E+6	1.785185E+4
7	5.597147E+3	-8.963527E+5	-7.313783E+2

Perhitungan manual pengecekan persyaratan API

Perhitungan/pengecekan sesuai API (Pengecekan 1 dan 2)

Elemen 2 (Chord, Member 2-3)

Properti elemen :

$F_y =$	3.60E+02 MPa
Diameter =	1.2 m
Tebal =	0.04 m
Panjang (l) =	7.62 m
Modulus E =	2.00E+05 MPa
Luas =	1.46E-01 m ²
Inersia =	2.45E-02 m ⁴

Beberapa harga yang diperlukan utk perhitungan :

D/t =	30	y =	0
k =	1	z =	24.384
r =	0.00525213	Hw =	6.096
kl/r =	1450.84039	d =	24.384
Cc =	104.719755	p =	0.0249936
C =	0.3	Fa =	0.48926435
Ch =	0.01466667	Fb =	2.6857E+02
CM =	0.85		

Tegangan yang terjadi :

AXIAL	SHEAR Y	SHEAR Z	TORSI
-1.9652E-01	5.9692E-04	5.9692E-04	0.0000E+00

MOMENT Y	MOMENT Z	HOOP
7.1160E-02	-7.1160E-02	3.7490E-01

COMBINED 1	COMBINED 2	COMBINED 3
4.0221E-01	12845E-03	1.0000E+00

Tegangan ijin :

AXIAL	SHEAR Y	SHEAR Z	TORSI
4.8926E-01	1.4400E+02	1.4400E+02	1.4400E+02

Perhitungan/pengecekan sesuai API (Pengecekan 1 dan 2)

Elemen 5 (Brace, Member 3-7)

Properti elemen :

$F_y =$	3.60E+02 MPa
Diameter =	0.6 m
Tebal =	0.015 m
Panjang (l) =	15.24 m
Modulus E =	2.00E+05 MPa
Luas =	2.76E-02 m ²
Inersia =	1.18E-03 m ⁴

Beberapa harga yang diperlukan utk perhitungan :

D/t =	40	y =	15.24
k =	1	z =	9.144
r =	0.00187291	Hw =	6.096
kl/r =	8137.04858	d =	24.384
Cc =	104.719755	p =	0.00970645
C =	0.3	Fa =	0.01555426
Ch =	0.011	Fb =	2.5730E+02
CM =	0.85		

Tegangan yang terjadi :

AXIAL	SHEAR Y	SHEAR Z	TORSI
1.6835E-02	3.6053E-03	1.6194E-05	-2.4186E-03

MOMENT Y	MOMENT Z	HOOP
-1.0469E+00	-2.6483E-02	1.9413.E-01

COMBINED 1	COMBINED 2	COMBINED 3
1.0403E+00	4.1476E-03	1.0000E+00

Tegangan ijin :

AXIAL	SHEAR Y	SHEAR Z	TORSI
2.1600E+02	1.4400E+02	1.4400E+02	1.4400E+02

MOMENT Y	MOMENT Z	HOOP
2.5730E+02	2.5730E+02	1.1000E+02

Perhitungan/pengecekan sesuai API (Pengecekan 3 dan 4)

Node 2 (Joint Classification : Y - Elemen 4)

Properti elemen-elemen yang terkoneksi pada node :

Chord :
 $F_{yc} = 3.60E+02 \text{ MPa}$
 tebal = 0.04 m
 diameter = 1.2 m
 Brace :
 $F_{yb} = 3.60E+02 \text{ MPa}$
 tebal = 0.015 m
 diameter = 0.6 m

Beberapa harga yang diperlukan utk perhitungan :

$\sin \theta = 0.8944272$
 $\tau = 0.375$
 $\beta = 0.5$
 $\gamma = 15$
 $A = 0.00635863$

Aksial : $\lambda = 0.030$
 In Plane : $\lambda = 0.045$
 Out of Plane : $\lambda = 0.021$

$Q\beta = 1.0$
 Cari $Q\gamma = -22.725$
 $Q\gamma = 1.0$

Aksial : $f = 0.0208791$
 In Plane : $f = 0.0213520$
 Out of Plane : $f = 1.1738085$

Aksial : $Qf = 0.9999867$
 In Plane : $Qf = 0.9999801$
 Out of Plane : $Qf = 0.9999907$

Aksial : $Q\gamma = 1.500$
 In Plane : $Q\gamma = 5.060$
 Out of Plane : $Q\gamma = 2.710$

Tegangan yang terjadi :

Tubular Joint =	0.4281832		
Punching =	Aksial	In Plane	Out of Plane
	0.0070031	0.0071617	0.3937073

Tegangan ijin :

Perhitungan/pengecekan sesuai API (Pengecekan 3 dan 4)

Node 3 (Joint Classification : K - Elemen 5)

Properti elemen-elemen yang terkoneksi pada node :

Chord :

$$F_{yc} = 3.60E+02 \text{ MPa}$$

$$\text{tebal} = 0.04 \text{ m}$$

$$\text{diameter} = 1.2 \text{ m}$$

Brace :

$$F_{yb} = 3.60E+02 \text{ MPa}$$

$$\text{tebal} = 0.015 \text{ m}$$

$$\text{diameter} = 0.6 \text{ m}$$

Beberapa harga yang diperlukan utk perhitungan :

$$\sin \theta = 1$$

$$\tau = 0.375$$

$$\beta = 0.5$$

$$\gamma = 15$$

$$A = 0.00562681$$

$$Q\beta = 1.0$$

$$\text{Cari } Q_g = -22.725$$

$$Q_g = 1.0$$

$$\text{Aksial : } \lambda = 0.030$$

$$\text{In Plane : } \lambda = 0.045$$

$$\text{Out of Plane : } \lambda = 0.021$$

$$\text{Aksial : } f = 0.0168346$$

$$\text{In Plane : } f = 0.0264832$$

$$\text{Out of Plane : } f = 1.0468729$$

$$\text{Aksial : } Q_f = 0.9999894$$

$$\text{In Plane : } Q_f = 0.9999841$$

$$\text{Out of Plane : } Q_f = 0.9999926$$

$$\text{Aksial : } Q_q = 1.500$$

$$\text{In Plane : } Q_q = 5.060$$

$$\text{Out of Plane : } Q_q = 2.710$$

Tegangan yang terjadi :

$$\text{Tubular Joint} = 0.4787234$$

Punching =	Aksial	In Plane	Out of Plane
	0.0063130	0.0099312	0.3925773

Tegangan ijin :

Perhitungan/pengecekan sesuai API (Pengecekan 3 dan 4)

Node 3 (Joint Classification : K - Elemen 6)

Properti elemen-elemen yang terkoneksi pada node :

Chord :

$$F_{yc} = 3.60E+02 \text{ MPa}$$

$$\text{tebal} = 0.04 \text{ m}$$

$$\text{diameter} = 1.2 \text{ m}$$

Brace :

$$F_{yb} = 3.60E+02 \text{ MPa}$$

$$\text{tebal} = 0.015 \text{ m}$$

$$\text{diameter} = 0.6 \text{ m}$$

Beberapa harga yang diperlukan utk perhitungan :

$$\sin \theta = 0.7071068$$

$$\tau = 0.375$$

$$\beta = 0.5$$

$$\gamma = 15$$

$$A = 0.00669471$$

$$Q\beta = 1.0$$

$$\text{Cari } Q_g = -22.725$$

$$Q_g = 1.0$$

$$\text{Aksial : } \lambda = 0.030$$

$$\text{In Plane : } \lambda = 0.045$$

$$\text{Out of Plane : } \lambda = 0.021$$

$$\text{Aksial : } f = 0.0608333$$

$$\text{In Plane : } f = 0.0178518$$

$$\text{Out of Plane : } f = 1.4031290$$

$$\text{Aksial : } Q_f = 0.9999810$$

$$\text{In Plane : } Q_f = 0.9999715$$

$$\text{Out of Plane : } Q_f = 0.9999867$$

$$\text{Aksial : } Q_q = 1.500$$

$$\text{In Plane : } Q_q = 5.060$$

$$\text{Out of Plane : } Q_q = 2.710$$

Tegangan yang terjadi :

$$\text{Tubular Joint} = 0.3385086$$

Punching =

Aksial	In Plane	Out of Plane
0.0161309	0.0047337	0.3720608

Tegangan ijin :

Perhitungan/pengecekan sesuai API (Pengecekan 3 dan 4)

Node 4 (Joint Classification : T - Elemen 7)

Properti elemen-elemen yang terkoneksi pada node :

Chord :	
F _{yc} =	3.60E+02 MPa
tebal =	0.04 m
diameter =	1.2 m
Brace :	
F _{yb} =	3.60E+02 MPa
tebal =	0.015 m
diameter =	0.6 m

Beberapa harga yang diperlukan utk perhitungan :

sin θ =	1		
τ =	0.375	Aksial : λ =	0.030
β =	0.5	In Plane : λ =	0.045
γ =	15	Out of Plane : λ =	0.021
A =	0.00459347		
		Aksial : f =	0.0055972
$Q\beta$ =	1.0	In Plane : f =	0.0007314
Cari Q _g =	-22.725	Out of Plane : f =	0.8963527
Q _g =	1.0		
		Aksial : Q _f =	0.9999923
		In Plane : Q _f =	0.9999884
		Out of Plane : Q _f =	0.9999946
		Aksial : Q _q =	1.500
		In Plane : Q _q =	5.060
		Out of Plane : Q _q =	2.710

Tegangan yang terjadi :

Tubular Joint =	0.4787234		
Punching =	Aksial	In Plane	Out of Plane
	0.0020989	0.0002743	0.3361622

Tegangan ijin :

MANUAL APLIKASI

ada bagian ini akan dibahas mengenai petunjuk penggunaan Program Aplikasi Frame 3 Dimensi. Untuk dapat menjalankan aplikasi Program Frame 3 Dimensi ini, dapat dilakukan dengan menekan *icon* Shortcut to Editor pada layar *desktop* atau melalui *Windows Explorer*. Program Frame 3 Dimensi ini adalah *Executable file* dari aplikasi Program Frame 3 Dimensi yang merupakan hasil kompilasi dari seluruh program perencanaan yang disusun dengan kompiler Borland Delphi 5.0.

TAMPILAN UTAMA

Tampilan jendela utama dari Program Elemen Frame 3 Dimensi dapat dilihat pada gambar 1 terlampir berikut ini, sedangkan bagian-bagian dari layar utama dapat dijelaskan sebagai berikut :

- | | |
|---------------|---|
| Menu Aplikasi | Berisi perintah-perintah dalam mengelola Program Elemen Frame 3 Dimensi. Menu aplikasi terdiri dari : <ul style="list-style-type: none">- File<ul style="list-style-type: none">Berisikan beberapa perintah yang berkaitan dalam pengelolaan sebuah <i>file</i>.- Edit<ul style="list-style-type: none">Berisikan beberapa perintah yang berkaitan dalam pengelolaan tulisan atau isi dari sebuah <i>file</i> yang ada pada layar monitor yang sedang aktif. |
|---------------|---|

- About

Berisikan keterangan berkaitan dengan pembuat program aplikasi ini.

Control Window

Berupa *icon-icon* proses untuk mengatur layar, yaitu terdiri dari :

- Restore

Untuk mengembalikan posisi dan ukuran *window* seperti semula.

- Minimize

Untuk meminimalkan tampilan layar atau menampilkan *window* dalam bentuk *icon*.

- Maximize


Untuk memaksimalkan tampilan layar atau menampilkan ukuran *window* dalam satu tampilan layar penuh.

- Close

Untuk menutup pemakaian suatu window.








oolbar

Merupakan baris perintah yang berisi tombol-tombol *icon* untuk menjalankan beberapa aplikasi, antara lain :

- New 

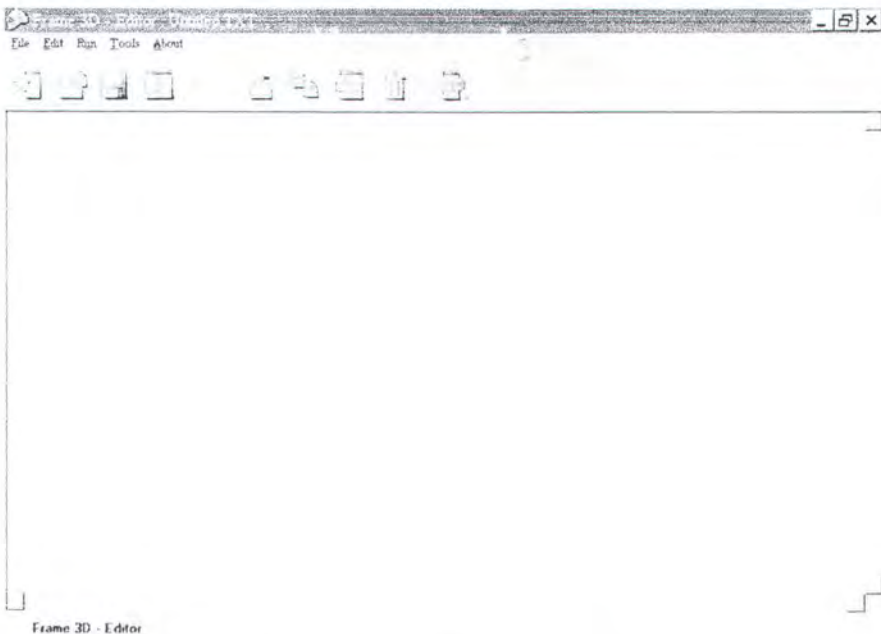
Perintah untuk memasukkan atau membuat data baru..

- Open File Text 

- Open Existing Project 
Perintah untuk membuka data yang tersimpan dimana data tersebut sudah berupa hasil pengerjaan dari program aplikasi ini, tipe *file* yaitu *output file*.
- Print 
Perintah untuk mencetak data.
- Cut 
Perintah untuk memotong atau menghapus tulisan atau isi yang lainnya dari data.
- Copy 
Perintah untuk memperbanyak atau mengambil tulisan atau isi yang lainnya dari data.
- Paste 
Perintah untuk menyetujui dari data yang telah di-cut atau di-copy.
- Delete 
Perintah untuk menghapus tulisan atau isi yang lainnya dari data.
- Run 
Perintah untuk menjalankan program perhitungan

scrollbar

Merupakan perintah untuk menggeser-geser jendela utama sehingga kita dapat melihat isi *window* yang sebelumnya tertutup.



Gambar 1. Layar utama dari aplikasi program elemen frame 3 dimensi

STRUKTUR MENU

Menu aplikasi dari tampilan utama disusun berdasarkan atas fungsinya, dengan dikelompokkan sebagai berikut :

le

Berisikan fasilitas-fasilitas yang mendukung pengoperasian

- Open File Text
Perintah untuk membuka data yang tersimpan dimana data masih berupa data masukan belum dikerjakan oleh program aplikasi ini, tipe *file* yaitu *text file*.
- Save
Perintah untuk menyimpan data.
- Save As
Perintah untuk menyimpan data dengan nama baru.
- Print
Perintah untuk mencetak data.
- Print Setup
Perintah untuk mengatur hasil cetakan dari data.
- Exit
Perintah untuk keluar dari program aplikasi ini.

Berisi fasilitas-fasilitas yang berkaitan dalam pengelolaan tulisan atau isi dari sebuah *file* yang ada pada layar monitor yang sedang aktif, yang terdiri dari :

- Cut
Perintah untuk memotong atau menghapus tulisan atau isi yang lainnya dari data.
- Copy
Perintah untuk memperbanyak atau mengambil tulisan atau isi yang lainnya dari data.
- Paste

an Berisi perintah untuk menjalankan program aplikasi ini. Perintah ini baru dapat dijalankan bila telah ada data structure untuk dihitung pada *inputan* program.

ools Berisi perhitungan-perhitungan tambahan yang diperlukan untuk perhitungan utama, yaitu terdiri dari :

- Perhitungan momen inersia pipa tipis
- Perhitungan beban lingkungan

Dimana beban lingkungan terdiri dari beban gelombang, beban arus dan beban angin.

about Berisi keterangan yang berkaitan dengan pembuat dari program aplikasi ini.

erikut ini akan dijelaskan lebih lanjut mengenai Menu Aplikasi yang ada pada struktur menu tampilan utama program aplikasi ini.

Menu File

Menu File ini berisikan fasilitas-fasilitas yang mendukung dalam pengoperasian program aplikasi ini.

ew Perintah ini digunakan untuk memasukkan atau membuat atau meng-*input*-kan data baru, sedangkan data-data yang diperlukan adalah :

Jenis struktur yang akan dihitung yaitu statika ti

Titik acuan atau *reference point* diperlukan untuk menentukan arah dari sumbu lokal elemen terhadap sumbu global dari struktur. Titik acuan ini diletakkan di sembarang titik di bidang datar dari sumbu y atau sumbu z *lokalnya*. Titik acuan bisa lebih dari satu buah. Perlu diingat bahwa untuk Offshore Structure, untuk *brace-brace* yang sebidang harus mempunyai *reference point* yang sama.

- Jenis elemen, meliputi : berat jenis (BJ), modulus elastisitas (E), luas penampang profil (A), momen inersia (I_z dan I_y), momen inersia polar (J), angka poisson (ν), ukuran penampang dari profil (y dan z), tebal (t) dan tegangan luluh (F_y). Jenis elemen bisa lebih dari satu macam.

- Ketersambungan, merupakan penjelasan atau keterangan data mengenai hubungan antar elemen. Misalkan data berikut ini :

NO1	NO2	FP	JE	JR
-----	-----	----	----	----

1	2	1	1	1
---	---	---	---	---

NO1 dan NO2 menunjukkan nomer *node* 1 s/d *node* 2.

FP menunjukkan *faktor pembagi*, untuk angka 1 berarti titik simpul (*node*) bergerak dalam kelipatan 1.

JE menunjukkan *jenis elemen* dari node-node tersebut..

JR menunjukkan *jenis reference point* untuk elemen tersebut.

x, y, z (M_x, M_y, M_z). Kemudian FP menunjukkan *faktor pembagi*, untuk angka 1 berarti titik simpul (*node*) bergerak dalam kelipatan 1.

- Beban elemen, merupakan beban yang diberikan pada elemen tertentu, dimana macam dari beban elemen yang diberikan disini adalah : beban terpusat, beban linier dan beban kuadrat. Cara penulisan *inputan data* untuk setiap beban elemen tersebut berbeda, yaitu :

1. Beban Terpusat

NOELM JENIS ARAH X1 P1 X2 P2 X3 P3

NOELM = nomer elemen

JENIS = jenis beban, untuk terpusat ditulis P

ARAH = arah dari beban tersebut

X1,X2,X3 = jarak beban tersebut dari titik awal

P1,P2,P3 = besar beban tersebut pada titik tersebut.

2. Beban Linier

NOELM JENIS ARAH X1 X2 q1 q2 blank blank

NOELM = nomer elemen

JENIS = jenis beban, untuk linier ditulis L

ARAH = arah dari beban tsb, ke arah sumbu mana

X1,X2 = jarak beban tersebut dari titik awal

q1,q2 = besar beban tersebut pada titik tersebut

Sedangkan untuk tulisan *blank* diatas harus ditulis dengan angka 0.

Perlu diingat bahwa beban elemen tersebut diatas adalah dalam *sumbu lokal*.

- Jenis tumpuan, dengan simbol sebagai berikut :

A_x = axial sumbu x T_x = transversal x

A_y = axial sumbu y T_y = transversal y

A_z = axial sumbu z T_z = transversal z

Cara penulisan yaitu bila tidak bisa bergerak ke arah sumbu tersebut ditulis dengan angka “ 1 “, bila bisa bergerak ke arah sumbu tersebut ditulis angka “ 0 “.

- Kondisi batas, memberikan kondisi batas pada struktur yang akan dihitung. Cara penulisannya sebagai berikut :

NO1 NO2 FP JT

NO1 dan NO2 menunjukkan nomer titik simpul dimana kondisi batas diberikan disitu.

FP menunjukkan *faktor pembagi*, untuk angka 1 berarti titik simpul (*node*) bergerak dalam kelipatan 1.

JT menunjukkan *jenis tumpuan*.

- Setiap akhir penulisan dari tiap-tiap *item* diatas selalu harus diakhiri dengan mengetik “ ; “.

pen Existing
object

Perintah untuk membuka data atau *file* yang tersimpan dimana data tersebut sudah berupa hasil pengerjaan dari program aplikasi ini, tipe *file* yaitu *output file*.

Bila perintah ini ditekan, akan menampilkan kotak dialog “ Open Existing Project “ seperti pada gambar 2 berikut :



Untuk membuka salah satu *file* data dapat dilakukan dengan memilih nama dari *file* data tersebut dengan menggunakan *cursor* atau dengan menuliskan nama *file* data tersebut pada bagian *File Name* pada kotak diaiog tersebut. Setelah itu tekan tombol *Open* untuk membuka atau tombol *Cancel* untuk membatalkannya.

pen File Text

Perintah untuk membuka data yang tersimpan dimana data masih berupa data masukan belum dikerjakan oleh program aplikasi ini, tipe *file* yaitu *text file*.

Bila perintah ini ditekan, akan menampilkan kotak dialog “Open File Text” seperti pada gambar 3 berikut :

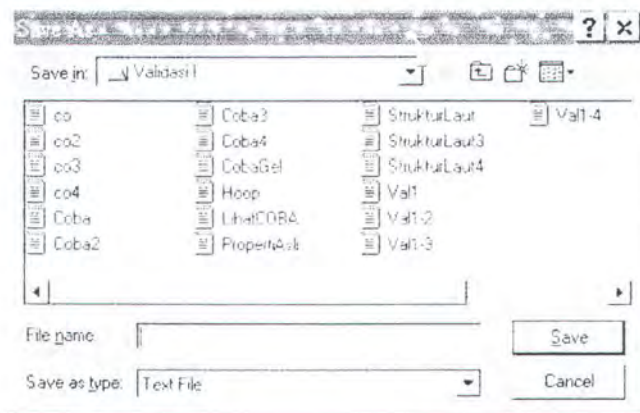


Gambar 3. Kotak dialog Open File Text

Untuk membuka salah satu *file* data dapat dilakukan dengan memilih nama dari *file* data tersebut dengan menggunakan *cursor* atau dengan menuliskan nama *file* data tersebut pada bagian *File Name* pada kotak dialog tersebut. Setelah itu

ave As

Perintah ini digunakan untuk menyimpan data dengan nama *file* yang baru. Jika ditekan perintah tersebut, maka akan tampil kotak dialog “Save As” seperti gambar 4 berikut :

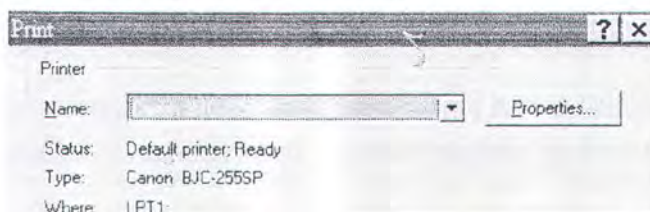


Gambar 4. Kotak dialog Save As

Penyimpanan dapat dilakukan dengan mengetikkan nama *file* pada bagian *File Name*, dengan terlebih dahulu menentukan *directory* pada bagian *Save In*. Proses penyimpanan dapat dilakukan dengan menekan tombol *Save* atau untuk membatalkannya tekan tombol *Cancel*.

int

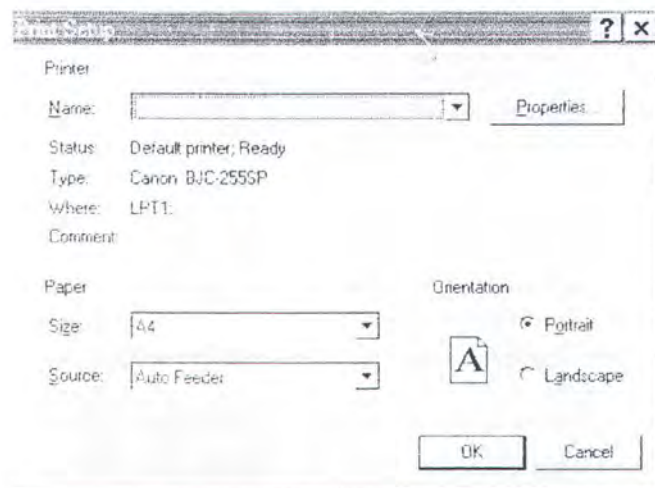
Perintah ini digunakan untuk mencetak data. Jika ditekan perintah tersebut, maka akan muncul kotak dialog “Print” seperti pada gambar 5 berikut :



Dalam kotak dialog tersebut, kita dapat mengatur berapa jumlah yang harus dicetak, properties dari kertas yang dipakai, halaman mana yang akan dicetak, nama printer yang digunakan dan lain-lainnya. Setelah semua pengaturan selesai, maka untuk mencetak tinggal tekan *Ok* atau untuk membatalkannya tekan tombol *Cancel*.

Print Setup

Perintah ini digunakan untuk mengatur hasil cetakan data. Jika ditekan perintah tersebut, maka akan muncul kotak dialog “Print Setup” seperti pada gambar 6 berikut :



Gambar 6. Kotak dialog Print Setup

Dalam kotak dialog tersebut, kita dapat mengatur ukuran dan properties kertas yang dipakai, posisi kertas dan lain – lainnya. Setelah semua pengaturan selesai, maka untuk keluar tekan *Ok* atau untuk membatalkannya tekan tombol *Cancel*.

ut	Perintah untuk memotong atau menghapus tulisan atau isi lainnya dari data yang aktif saat itu.
opy	Perintah untuk memperbanyak atau mengambil tulisan atau isi lainnya dari data yang aktif saat itu. Yang perlu anda lakukan adalah memilih isi teks, misalkan dengan meng- <i>klik</i> dan menarik (memblok) lalu pilih <i>Edit – Copy</i> , tempatkan ke tempat yang akan ditempati dan lalu pilih <i>Edit – Paste</i> .
aste	Perintah untuk menyetujui atau mengiyakan dari data yang telah di- <i>cut</i> atau di- <i>copy</i> sehingga data tersebut dapat tertulis pada tempat tersebut.
delete	Perintah untuk menghapus tulisan atau isi lainnya dari data.

Menu Run

erisi perintah untuk menjalankan program aplikasi ini. Perintah ini baru dapat dijalankan bila telah ada data struktur untuk dihitung oleh program aplikasi ini.

o Analysing Bila perintah ini ditekan, maka program aplikasi ini akan memulai proses analisa struktur. Bila struktur yang dianalisa adalah struktur bangunan laut (Offshore Structure), akan ditanya lebih dahulu apakah menghitung beban lingkungan. seperti yang terlihat pada gambar 7 berikut ini :

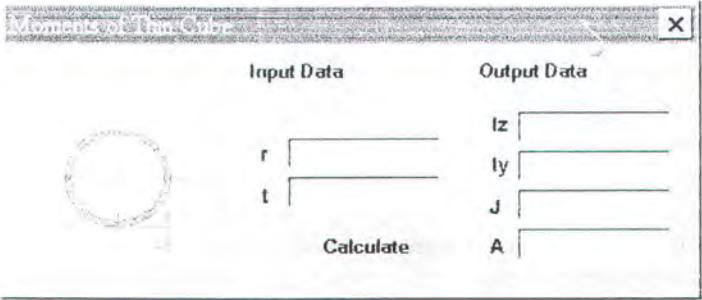


Dalam proses pengerjaan tersebut, pada Baris Status pada tampilan jendela utama akan terdapat *Progress Bar* dari jalannya proses pengerjaan atau perhitungan. Bila proses pengerjaan telah selesai maka akan muncul kotak dialog “Editor” “menerangkan bahwa proses perhitungan sudah selesai, setelah tekan tombol *Ok* maka akan langsung muncul tampilan hasil perhitungan program aplikasi ini.

Menu Tools

Merisi perhitungan-perhitungan tambahan yang diperlukan untuk data perhitungan utama pada program aplikasi ini. Perhitungan-perhitungan tersebut adalah :

Moments Bila kita tekan perintah ini, maka akan muncul kotak dialog “Moment of Thin Tube” seperti pada gambar 8 berikut :

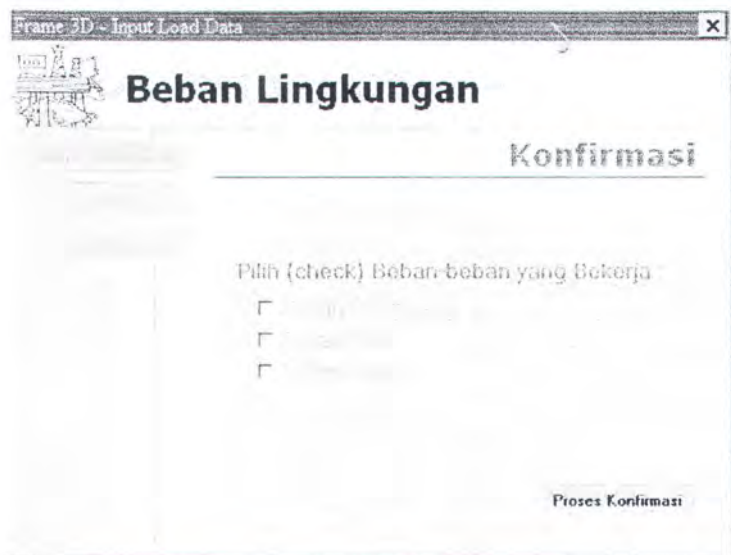


Input Data		Output Data	
r	<input type="text"/>	I_z	<input type="text"/>
t	<input type="text"/>	I_y	<input type="text"/>
Calculate		J	<input type="text"/>
		A	<input type="text"/>

Gambar 8. Kotak dialog Moments of Thin Tube

Dari kotak dialog tersebut, maka dapat dilihat bahwa data yang dibutuhkan untuk perhitungan itu adalah jari-jari pipa (r) dan tebal dari pipa (t). Kemudian dengan menekan

Beban Lingkungan Beban lingkungan dipakai hanya untuk struktur bangunan laut saja, untuk struktur biasa tidak memakai perintah ini. Bila kita tekan perintah ini, maka akan muncul kotak dialog “ Input Load Data “ tentang konfirmasi beban lingkungan seperti gambar 9 berikut ini :



Gambar 9. Kotak dialog Input Load Data; konfirmasi beban lingkungan

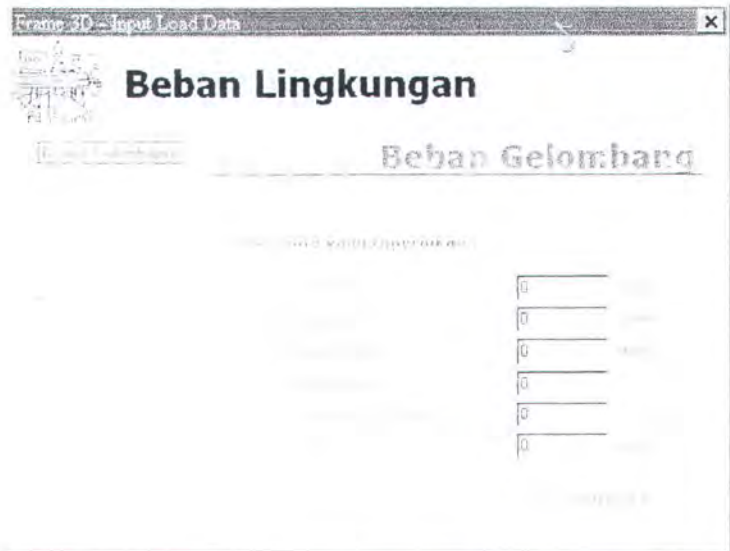
Dalam program aplikasi ini, beban lingkungan yang dapat dihitung adalah :

1. Beban Gelombang

Data yang diperlukan untuk perhitungan beban gelombang ini adalah :

- Tinggi gelombang, satuan meter.

Periode gelombang, satuan detik



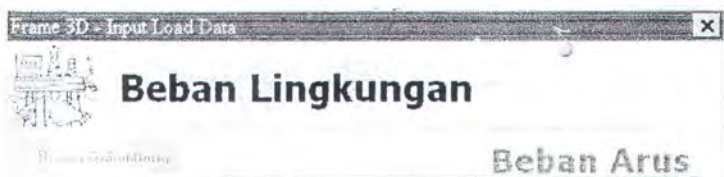
Gambar 10. Kotak dialog input data beban gelombang

2. Beban Arus

Data yang diperlukan untuk perhitungan beban arus ini adalah :

- Kecepatan arus akibat Wind-Drift, satuan m/dt.
- Kecepatan arus akibat Tidal, satuan m/dt.
- Koefisien Drag, berharga 0,6 sampai 1.
- Kedalaman perairan, satuan meter.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 11 ini, yaitu tentang kotak dialog *input data* beban arus.

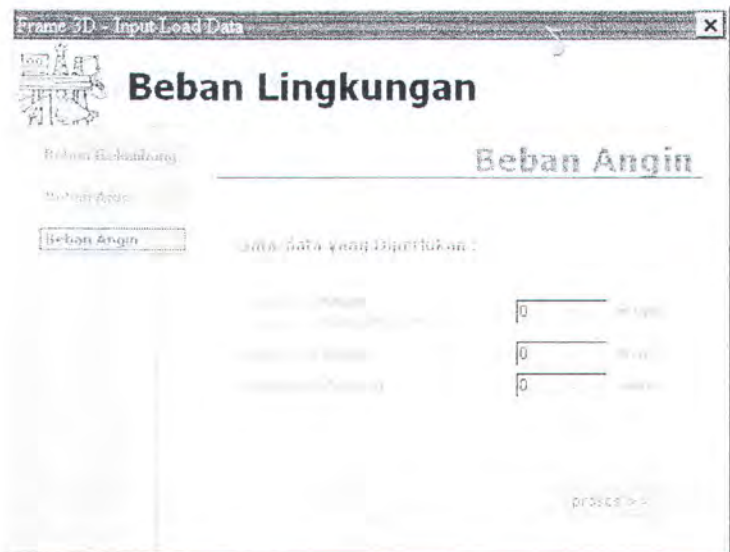


3. Beban Angin

Data yang diperlukan untuk perhitungan beban angin ini adalah :

- Kecepatan angin, satuan m/dt (untuk ketinggian tempat 30 feet dari bumi).
- Berat jenis udara, satuan N/m^3 .
- Kedalaman perairan, satuan meter.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 12 ini, yaitu tentang kotak dialog *input data* beban angin.



Gambar 12. Kotak dialog input data beban angin

Untuk menjalankan perhitungan beban lingkungan ini pada program aplikasi ini dapat dilakukan dengan prosedur berikut ini :

struktur anda, kemudian tekan tombol “ Proses Konfirmasi “ lalu tekan tombol beban lingkungan yang anda akan hitung.

- Kemudian akan muncul kotak dialog “ Input Data “ untuk jenis beban lingkungan yang anda pilih. Lalu isi sesuai dengan data yang diminta, kemudian tekan tombol “ Proses >> “.
- Hasil dari proses perhitungan ini akan langsung masuk pada perhitungan besar pada program aplikasi ini sebagai gaya luar lainnya.

Menu About

Menampilkan keterangan yang berkaitan dengan pembuat dari program aplikasi ini. Bila anda ketik perintah “ About “ ini akan muncul keterangan mengenai pembuat dari program aplikasi ini seperti gambar 13 berikut ini :



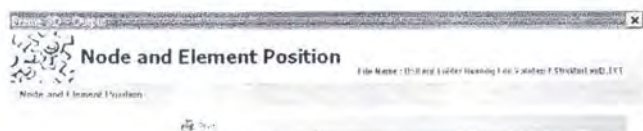
TAMPILAN HASIL PERHITUNGAN PROGRAM

Berikut ini akan dijelaskan mengenai tampilan dari hasil perhitungan Program aplikasi Elemen Frame 3 Dimensi. Hasil perhitungan dari program aplikasi ini terdiri dari enam jendela hasil perhitungan, yaitu sebagai berikut :

1. Node and Element Position, berisikan posisi atau koordinat dari setiap titik simpul dan elemen.
2. Displacement, berisikan besarnya pergeseran dari setiap titik simpul.
3. Support Reaction, berisikan besarnya reaksi yang terjadi pada setiap titik simpul meliputi gaya dan momen.
4. Stress in Element, berisikan besarnya tegangan yang terjadi pada setiap elemen.
5. Image of Structure, berisikan gambar struktur dan gambar deformasi yang terjadi.
6. API RP 2A, berisikan hasil pengecekan struktur berdasarkan peraturan API Recommended Practice 2A – WSD tahun 1993.

Berikut ini akan dijelaskan satu per satu mengenai hasil tampilan dari perhitungan program aplikasi elemen frame 3 dimensi.

Node and Element Position Tampilan hasil perhitungan dari *Node and Element Position* dapat dilihat pada gambar 14 berikut ini :

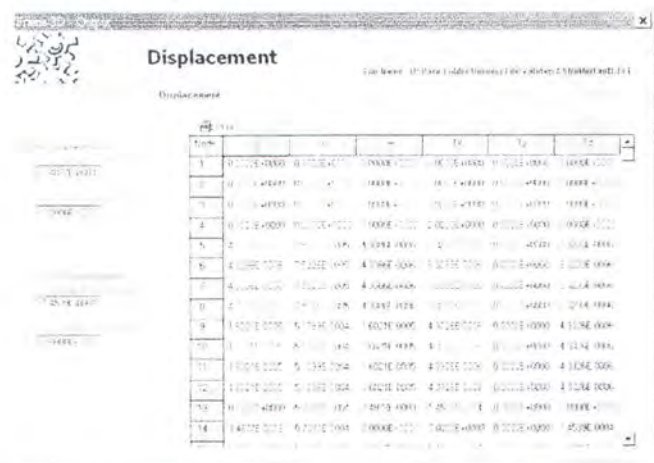


Dari tampilan *Node and Element Position* dapat diketahui hal-hal sebagai berikut :

- Titik simpul mana saja yang menghubungkan setiap elemen.
- Posisi atau koordinat (x,y,z) dari setiap titik simpul dapat diketahui.
- Jumlah total dari titik simpul dan elemen yang membentuk struktur yang dianalisa.

Displacement

Tampilan hasil perhitungan dari *Displacement* dapat dilihat pada gambar 15 berikut ini :



Node	U1	U2	U3	U4	U5	U6
1	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
2	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
3	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
4	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
5	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
6	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
7	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
8	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
9	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
10	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
11	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
12	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
13	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000
14	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000	0.000E+000

Gambar 15. Tampilan hasil dari Displacement

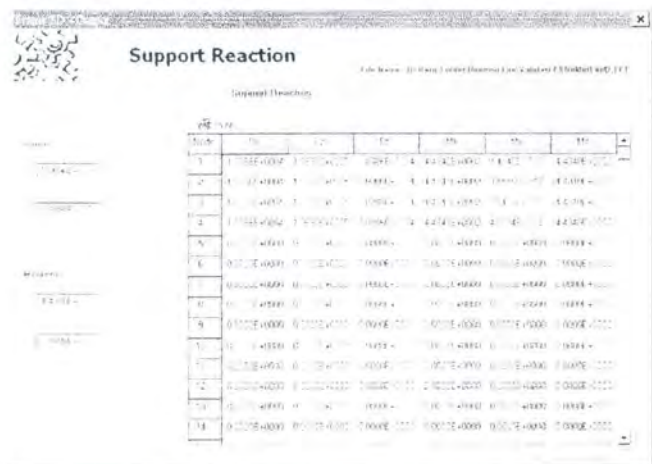
Dari tampilan *Displacement* dapat diketahui hal-hal sebagai berikut :

- Besarnya pergeseran dari setiap titik simpul,

T_y = pergeseran *angular* pada sumbu global y.

- Harga pergeseran maksimum dan minimum baik untuk *Axial Displacement* maupun untuk *Angular Displacement*.

Tampilan hasil perhitungan dari *Support Reaction* dapat dilihat pada gambar 16 berikut ini :



Gambar 16. Tampilan hasil dari Support Reaction

Dari tampilan *Support Reaction* dapat diketahui hal-hal sebagai berikut :

- Besarnya reaksi yang terjadi di setiap titik simpul meliputi gaya dan momen.
- Keterangan untuk gaya :

- Harga reaksi maksimum dan minimum yang terjadi baik untuk gaya maupun momen.

ress in Element

Tampilan hasil perhitungan dari *Stress in Element* dapat dilihat pada gambar 17 berikut ini :

Elemen	Sumbu	Tegangan	Tegangan	Tegangan	Tegangan	Tegangan
1		1.000E+000	5.000E+000	1.000E+000	1.000E+000	1.000E+000
2		1.000E+000	5.000E+000	1.000E+000	1.000E+000	1.000E+000
3		1.000E+000	5.000E+000	1.000E+000	1.000E+000	1.000E+000
4		1.000E+000	5.000E+000	1.000E+000	1.000E+000	1.000E+000
5		1.000E+000	5.000E+000	1.000E+000	1.000E+000	1.000E+000
6		1.000E+000	5.000E+000	1.000E+000	1.000E+000	1.000E+000
7		1.000E+000	5.000E+000	1.000E+000	1.000E+000	1.000E+000
8		1.000E+000	5.000E+000	1.000E+000	1.000E+000	1.000E+000
9		1.000E+000	5.000E+000	1.000E+000	1.000E+000	1.000E+000
10		1.000E+000	5.000E+000	1.000E+000	1.000E+000	1.000E+000
11		1.000E+000	5.000E+000	1.000E+000	1.000E+000	1.000E+000
12		1.000E+000	5.000E+000	1.000E+000	1.000E+000	1.000E+000
13		1.000E+000	5.000E+000	1.000E+000	1.000E+000	1.000E+000
14		1.000E+000	5.000E+000	1.000E+000	1.000E+000	1.000E+000

Gambar 17. Tampilan hasil dari Stress in Element

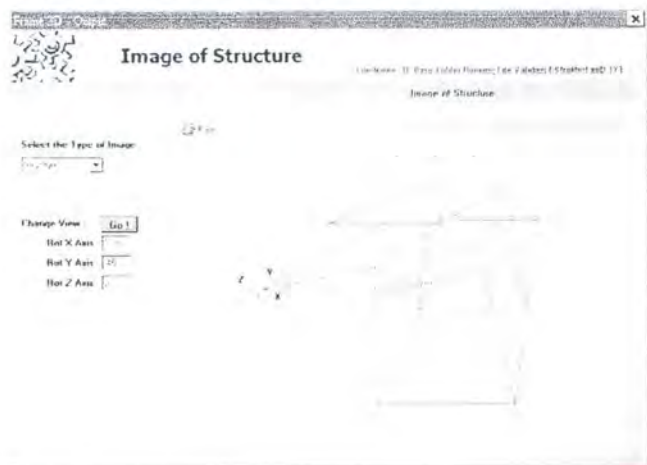
Dari tampilan *Stress in Element* dapat diketahui hal-hal sebagai berikut :

- Besarnya tegangan yang terjadi di setiap elemen, dimana macam tegangan yang dihitung adalah :
 1. Tegangan axial (*Axial*)
 2. Tegangan geser arah sumbu y (*Shear Y*)
 3. Tegangan geser arah sumbu z (*Shear Z*)
 4. Tegangan torsi (*Torsi*)
 5. Tegangan akibat momen dengan poros sumbu y

Shear Stress), Tegangan Torsi (*Torsion Stress*),
dan Tegangan akibat Momen (*Stress by Moment*)

Image of Structure

Tampilan hasil perhitungan dari *Image of Structure* dapat dilihat pada gambar 18 berikut ini :



Gambar 18. Tampilan hasil dari Image of Structure

Dari tampilan *Image of Structure* dapat diketahui hal-hal sebagai berikut :

- Pilihan gambar yang diinginkan yaitu meliputi :
 1. Gambar struktur yang dianalisa (*Structure*)
 2. Gambar deformasi yang terjadi pada struktur yang dianalisa (*Deform Structure*)
 3. Gambar struktur dan deformasi yang terjadi dalam satu gambar (*All*)
- Tampilan gambar dapat diubah atau dilihat dari

- Di samping itu ada *fasilitas* lainnya, yaitu bila anda meng-klik kanan *mouse* maka ada beberapa perintah yang anda dapat pilih. Fasilitas itu yaitu :

1. None

Berupa perintah untuk tidak ada perubahan.

2. Pan

Berupa perintah untuk menggeser gambar.

3. Zoom

Berupa perintah untuk membesar / mengecilkan gambar sesuai yang dikehendaki.

4. Info, dimana terdiri :

- a. Node

Berupa perintah untuk mengetahui titik simpul berapa dan berapa koordinatnya dari titik-titik simpul pada gambar tersebut.

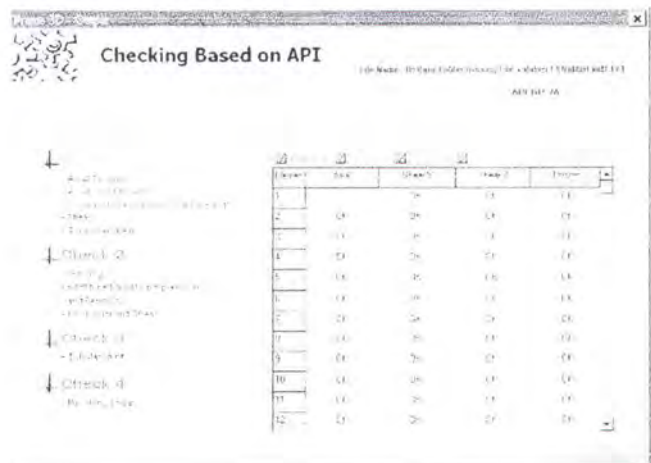
- b. Elemen

Berupa perintah untuk mengetahui elemen berapa dari elemen-elemen yang menyusun gambar struktur tersebut.

Untuk menjalankan perintah ini yaitu dengan cara menekan perintah yang anda dikehendaki, lalu arahkan *kursor* ke titik simpul atau elemen sesuai yang akan dicari pada gambar tersebut, kemudian *klik* kanan *mouse* anda maka akan muncul informasi mengenai titik simpul atau

1. Tegangan axial, baik tarik (*Axial Tension*) maupun tekan (*Axial Compression*).
Axial Compression berupa *Column Buckling* dan *Local Buckling*.
2. Tegangan geser (*Shear*).
3. Tegangan torsi (*Torsional Shear*).

Pengecekan tersebut dilakukan pada setiap elemen apakah memenuhi syarat atau tidak, bila tidak memenuhi syarat dituliskan *NotOk* bila memenuhi syarat dituliskan *Ok*. Tampilan hasil pengecekan 1 dapat dilihat pada gambar 19 berikut ini :



Element	Buckling	Shear	Torsion	Tension
1	Ok	Ok	Ok	NotOk
2	Ok	Ok	Ok	NotOk
3	Ok	Ok	Ok	NotOk
4	Ok	Ok	Ok	NotOk
5	Ok	Ok	Ok	NotOk
6	Ok	Ok	Ok	NotOk
7	Ok	Ok	Ok	NotOk
8	Ok	Ok	Ok	NotOk
9	Ok	Ok	Ok	NotOk
10	Ok	Ok	Ok	NotOk
11	Ok	Ok	Ok	NotOk
12	Ok	Ok	Ok	NotOk

Gambar 19. Tampilan hasil pengecekan 1

- Pengecekan 2 meliputi :

1. Bending, baik yang disebabkan oleh momen y (*Bending Y*) maupun yang disebabkan oleh

memenuhi syarat dituliskan *NotOk* bila memenuhi syarat dituliskan *Ok*. Tampilan hasil pengecekan 2 dapat dilihat pada gambar 20 berikut ini :

File Menu: (F) File (F) Edit (E) View (V) Tools (T) Help (H) API 302-26

Item	Welding	Corrosion	Thickness	Temp. Data
1	OK	OK	OK	OK
2	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	OK	OK
4	OK	OK	OK	OK
5	OK	OK	OK	OK
6	OK	OK	OK	OK
7	OK	OK	OK	OK
8	OK	OK	OK	OK
9	OK	OK	OK	OK
10	OK	OK	OK	OK
11	OK	OK	OK	OK
12	OK	OK	OK	OK

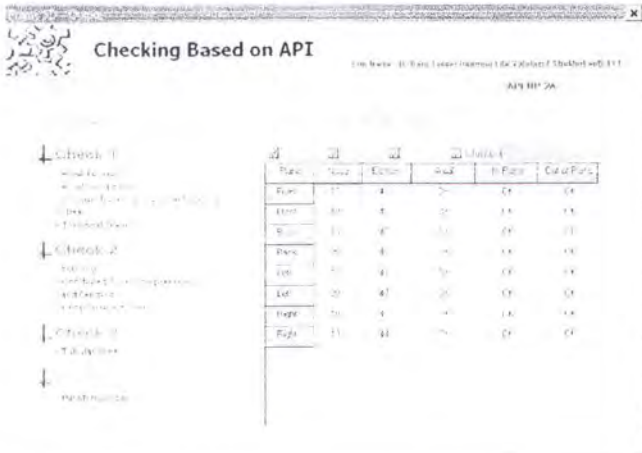
Gambar 20. Tampilan hasil pengecekan 2

- Pengecekan 3 yaitu pengecekan pada sambungan pipa (*Tubular Joint*). Pengecekan ini dilakukan pada setiap bidang (*plane*) yang terdiri dari dari titik simpul dan elemen apakah memenuhi syarat atau tidak, bila tidak memenuhi syarat dituliskan *Not Ok* bila memenuhi syarat dituliskan *Ok*. Tampilan hasil pengecekan 3 dapat dilihat pada gambar 21 berikut ini :

File Menu: (F) File (F) Edit (E) View (V) Tools (T) Help (H) API 302-26

Item	Welding	Corrosion	Thickness	Temp. Data
1	OK	OK	OK	OK

- Pengecekan 4 yaitu pengecekan *Punching Shear*. Pengecekan ini dilakukan pada setiap bidang (*plane*) yang terdiri dari dari titik simpul dan elemen apakah memenuhi syarat atau tidak, bila tidak memenuhi syarat dituliskan *Not Ok* dan bila memenuhi syarat dituliskan *Ok*. Tampilan hasil pengecekan 4 dapat dilihat pada gambar 22 berikut ini :



Checking Based on API

File Window View Settings Help

API 10.0.0.0

Check 1
 Check 2
 Check 3
 Check 4
 Check 5
 Check 6
 Check 7
 Check 8
 Check 9
 Check 10
 Check 11
 Check 12
 Check 13
 Check 14
 Check 15
 Check 16
 Check 17
 Check 18
 Check 19
 Check 20
 Check 21
 Check 22
 Check 23
 Check 24
 Check 25
 Check 26
 Check 27
 Check 28
 Check 29
 Check 30
 Check 31
 Check 32
 Check 33
 Check 34
 Check 35
 Check 36
 Check 37
 Check 38
 Check 39
 Check 40
 Check 41
 Check 42
 Check 43
 Check 44
 Check 45
 Check 46
 Check 47
 Check 48
 Check 49
 Check 50
 Check 51
 Check 52
 Check 53
 Check 54
 Check 55
 Check 56
 Check 57
 Check 58
 Check 59
 Check 60
 Check 61
 Check 62
 Check 63
 Check 64
 Check 65
 Check 66
 Check 67
 Check 68
 Check 69
 Check 70
 Check 71
 Check 72
 Check 73
 Check 74
 Check 75
 Check 76
 Check 77
 Check 78
 Check 79
 Check 80
 Check 81
 Check 82
 Check 83
 Check 84
 Check 85
 Check 86
 Check 87
 Check 88
 Check 89
 Check 90
 Check 91
 Check 92
 Check 93
 Check 94
 Check 95
 Check 96
 Check 97
 Check 98
 Check 99
 Check 100

Plane	Area	Elevation	Area	In Plane	Out of Plane
Plane 1	1.0	1.0	1.0	Ok	Ok
Plane 2	2.0	2.0	2.0	Ok	Ok
Plane 3	3.0	3.0	3.0	Ok	Ok
Plane 4	4.0	4.0	4.0	Ok	Ok
Plane 5	5.0	5.0	5.0	Ok	Ok
Plane 6	6.0	6.0	6.0	Ok	Ok
Plane 7	7.0	7.0	7.0	Ok	Ok
Plane 8	8.0	8.0	8.0	Ok	Ok
Plane 9	9.0	9.0	9.0	Ok	Ok
Plane 10	10.0	10.0	10.0	Ok	Ok

Gambar 22. Tampilan hasil pengecekan 4

it UEditor;

erface

es

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
Printers, StdCtrls, Menus, Buttons, ComCtrls, ToolWin, ExtCtrls, Abcbtn,
Abepanel, Abclabel, UBacaFile, USimpanKR, DBCtrls, Aberched, Rot3D,
Abckey, Ubuntu, USplash, Abcsxetl, fcStatusBar, jpeg, abcmenu, UBebanLingK.

oc

```

FrmEditor = class(TForm)
MainMenu1: TMainMenu;
File1: TMenuItem;
New1: TMenuItem;
Open1: TMenuItem;
Save1: TMenuItem;
SaveAs1: TMenuItem;
N1: TMenuItem;
Print1: TMenuItem;
N2: TMenuItem;
Exit1: TMenuItem;
Edit1: TMenuItem;
Cut1: TMenuItem;
Copy1: TMenuItem;
Paste1: TMenuItem;
Delete1: TMenuItem;
OpenDlg: TOpenDialog;
SaveDlg: TSaveDialog;
PrintDlg: TPrintDialog;
Memo: TMemo;
ToolBar1: TToolBar;
About1: TMenuItem;
PrintSetup1: TMenuItem;
PSDlg: TPrinterSetupDialog;
Run1: TMenuItem;
Structure1: TMenuItem;
BtnOpen: TabcPicSpeedBtn;
TextMmo: TMemo;
BtnSave: TabcPicSpeedBtn;
abcPicSpeedBtn3: TabcPicSpeedBtn;
BtnDel: TabcPicSpeedBtn;
BtnPrint: TabcPicSpeedBtn;
abcPicSpeedBtn6: TabcPicSpeedBtn;
BtnNew: TabcPicSpeedBtn;
Bevel1: TBevel;
BtnPaste: TabcPicSpeedBtn;
BtnCopy: TabcPicSpeedBtn;
BtnCut: TabcPicSpeedBtn;
abcPicSpeedBtn1: TabcPicSpeedBtn;
abcPicSpeedBtn2: TabcPicSpeedBtn;
Bevel2: TBevel;
Tools1: TMenuItem;
Moments1: TMenuItem;
OEFDlg: TOpenDialog;
OpenExistingProject1: TMenuItem;
SREditor: TfcStatusBar;

```

```

procedure MomentsIClick(Sender: TObject);
procedure OpenExistingProjectIClick(Sender: TObject);
procedure TimerI Timer(Sender: TObject);
procedure BebanLingkunganIClick(Sender: TObject);

```

```

private
  Private declarations ;
NewFile : Boolean;
FileName : string;
Procedure ClearMemoText;
Procedure LoadFile(const filename :string);
Procedure SaveFile(const filename :string);
function QuerySave : Word;
public
  Public declarations ;
end;

```

```

TfrmEditor: TfrmEditor;

```

Implementation

```

uses UAbout, UOutput, UFormUtama ;

```

```

{$R *.DFM}

```

```

Waktu,DateTime : TDateTime;

```

```

const NEW_TITLE = 'Untitled.TXT';

```

```

procedure TfrmEditor.ClearMemoText;
begin
  Memo.ClearSelection;
  Memo.Lines.Clear;
  TextMmo.Lines.Clear;
  Caption :=Editor +NEW_TITLE;
  TextMmo.Modified := False;
  NewFile := True;
end;

```

```

procedure TfrmEditor.CutIClick(Sender: TObject);
begin
  TextMmo.CutToClipboard;
end;

```

```

procedure TfrmEditor.CopyIClick(Sender: TObject);
begin
  TextMmo.CopyToClipboard;
end;

```

```

procedure TfrmEditor.PasteIClick(Sender: TObject);
begin
  TextMmo.PasteFromClipboard;
end;

```

```

procedure TfrmEditor.DeleteIClick(Sender: TObject);
begin

```



```
if msgRes = mrCancel then
    Exit;
end;
ClearMemoText;
FileName := 'Untitled';
if FileName = FileName;
;

procedure TFrmEditor.Open1Click(Sender: TObject);
var
    msgRes : Word;
begin
    if TextMmo.Modified then begin
        msgRes := QuerySave;
        Print1.Enabled:=true;
        BtnPrint.Enabled:=True;
        If msgRes = mrCancel then
            Exit;
        end;
        OpenDlg.FilterIndex := 1;
        if OpenDlg.Execute then begin
            Print1.Enabled:=true;
            BtnPrint.Enabled:=True;
            fFileName :=OpenDlg.FileName;
            Caption :='Editor : ' +fFileName;
            LoadFile(fFileName);
        end;
    end;
;

procedure TFrmEditor.Print1Click(Sender: TObject);
var
    i : Integer;
    prtText : System.Text;
begin
    Memo.ClearSelection;
    Memo.Lines.Clear;
    PrintDlg.Options := [poWarning];
    If PrintDlg.Execute then begin
        AssignPrn(prtText);
        Rewrite(prtText);
        Printer.Canvas.Font := TextMmo.Font;
        For i:= 0 to TextMmo.Lines.Count-1 do
            Writeln(prtText, TextMmo.Lines[i]);
        CloseFile(prtText);
    end;
;

procedure TFrmEditor.SaveFile(const FileName : string);
begin
    if FileName = 'Untitled' then begin
        SaveDlg.FilterIndex := 1;
        if SaveDlg.Execute then begin
            fFileName :=SaveDlg.FileName;
            SaveFile(fFileName);
        end;
    end else
        SaveFile(FileName);
end;
;

procedure TFrmEditor.SaveToFile(TxtMmo : TTextMmo);
begin
    SaveToFile(TxtMmo);
end;
;
```

```

begin
  if fNewFile then
    SaveAs1Click(Sender);
  if TextMmo.Modified then
    begin
      Result := MessageDlg('File udah Di-Modify. Di Save pake file lama ?', mtConfirmation, mbYesNoCancel, 0);
      if Result = mrYes then
        begin
          SaveFile(fFileName);
          Print1.Enabled:=true;
          BtnPrint.Enabled:=True;
        end;
      if Result = mrNo then
        begin
          SaveAs1Click(Sender);
          Print1.Enabled:=true;
          BtnPrint.Enabled:=True;
        end;
      if Result = mrCancel then
        begin
          end;
        end
    end;
end;

```

```

procedure TFrmEditor.FormActivate(Sender: TObject);
var FileName : string;
begin
  Print1.Enabled:=false;
  BtnPrint.Enabled:=false;
  FrmEditor.Height:=27;
  FrmEditor.Width:=120;
  FrmEditor.WindowState:=wsNormal;
  FrmSplash.ShowModal;
  FileName := 'Untitled';
  fFileName := FileName;
  Memo.ClearSelection;
  Memo.Lines.Clear;
  TextMmo.Lines.Clear;
  Caption := 'Frame 3D - Editor : ' +NEW_TITLE;
  TextMmo.Modified := False;
  fNewFile := True;
end;

```

```

function TFrmEditor.QuerySave : Word;
begin
  Result := MessageDlg('File udah Di-Modify. Di Save enggak?', mtConfirmation, mbYesNoCancel, 0);
  if Result = mrYes then
    SaveFile(fFileName);
end;

```

```

procedure TFrmEditor.PrintSetup1Click(Sender: TObject);
begin
  PSDlg.Execute;
end;

```

```

procedure TFrmEditor.About1Click(Sender: TObject);
begin

```

```

else
    CanClose := True;
end;

procedure TFrmEditor.ExitClick(Sender: TObject);
begin
    Close;
end;

procedure TFrmEditor.StructureClick(Sender: TObject);
begin
    NamaFile, Name : string;
    Posisi, OrdeMatrix : integer;
begin
    Name:=FileName;
    Posisi:=pos('.',Name);
    delete(Name,Posisi,4);
    NamaFile:=Name;
    if (NewFile=true and TextMmo.Modified)=false then
    begin
        ShowMessage('File Belom di-Save atau Data Belom Diisikan !');
        Exit;
    end;
    Waktu := Time;
    SBEditor.Panels[4].Text:=' ... Reading File Text !';
    BacaDataMeshGeneration(NamaFile);
    ProgressBar1.Position:=10;
    SBEditor.Panels[4].Text:=' ... Processing Stiffeners !';
    HitungStiffeners(namafile);
    SBEditor.Panels[4].Text:=' ... Subtracting Matrix !';
    IkinFileCGD(namafile);
    PenguranganMatrix(namafile);
    SBEditor.Panels[4].Text:=' ... Resolving Matrix with Gauss Elimination !';
    ProgressBar1.Position:=30;
    EliminasiGauss(namafile,ordematrix);
    SBEditor.Panels[4].Text:=' ... Backward Subtitution Process !';
    SubstitusiMundur(namafile,ordematrix);
    ProgressBar1.Position:=70;
    SBEditor.Panels[4].Text:=' ... Creating Files for Output !';
    IkinFileTDP(namafile);
    IkinFileLokal(namafile);
    IkinFileHBT(namafile);
    IkinFileLokalHBT(namafile);
    UraianUjungElemen(namafile);
    IkinFileTeg(namafile);
    IkinFileDGD(namafile);
    ProgressBar1.Position:=80;
    InjutanBebanPindahan(namafile);
    BuatFileRTP(namafile);
    ProgressBar1.Position:=90;
    IkinFileTRT(namafile);
    IkinFileLDP(namafile);
    DateTime:= Time;
    ProgressBar1.Position:=100;
    SBEditor.Panels[3].Text:='Elapsed Time : '+TimeToStr(DateTime-Waktu);
    SBEditor.Panels[4].Text:=' D O N E !';
    ShowMessage('Elapsed Time : '+TimeToStr(DateTime-Waktu));
    
```



```
procedure TFrmEditor.OpenExistingProject1Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
  If OEFDlg.Execute then
```

```
  Begin
```

```
    OpenDlg.FileName:=OEFDlg.FileName;
```

```
    FrmOutput.showModal;
```

```
  end;
```

```
end;
```

```
procedure TFrmEditor.Timer1Timer(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
  DateTime := Time;
```

```
  BEditor.Panels[3].Text:='Elapsed Time : '+TimeToStr(DateTime-Waktu);
```

```
end;
```

```
procedure TFrmEditor.BebanLingkungan1Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
  FrmBebanLingk.ShowModal;
```

```
end;
```

```
end.
```

it UBacaFile;

erface

```

procedure BacaFileInputMeshGeneration>NamaFile : String);
procedure Reference(namafile : string; NoRef : integer; var nno:string;var x,y,z : real);
procedure Integral(jenis:string; var px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil : real);
procedure Koordinat>NamaFile : String;NoSimpul : Integer;var x,y,z : real);
procedure RubahGayaLuar(namafile : string);
procedure ElemenFrame>NamaFile : string);
procedure GayaLuar>NamaFile : string);
procedure BebanPindahan(namafile : string);
procedure BebanElemen>NamaFile : string);
procedure Tumpuan>NamaFile : string;JTumpuan : integer;var u,v,w,tx,ty,tz : integer);
procedure KondisiBatas>NamaFile : string);
procedure BacaDataMeshGeneration>NamaFile : string);
procedure Keluar;

```

plementation

ses

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
Printers, StdCtrls, Menus, Buttons, ComCtrls, ToolWin, ExtCtrls, Abcbtn,
Abpanel, Ablabel, USimpanKR, Math, UFemUtama;

kel : integer;

```

procedure BacaFileInputMeshGeneration(namafile : string);
var l1,l2,l3,l4,l5,l6,l7,l8;

```

```

f
Input,fTulis : text;
s : string;

```

```

gin
AssignFile(fInput>NamaFile+'.TXT');
Reset(fInput);
Readln(fInput,s);
AssignFile(fTulis>NamaFile+'.IDP');
Rewrite(fTulis);
Writeln(fTulis,s);
CloseFile(fTulis);
Repeat
  Readln(fInput,s);

```

```

If s='SIMPUL' then
Begin
  AssignFile(fTulis>NamaFile+'.NOD');
  Rewrite(fTulis);
  Readln(fInput,s);
  Repeat
    Readln(fInput,s);
    If s='.' then begin goto l1;end;
    Writeln(fTulis,s);
  l1;Until s='.';
  CloseFile(fTulis);
end;

```

```

If s='REFERENCE POINT' then

```



```

    If s=';' then begin goto 13;end;
    Writeln(fTulis,s);
13:Until s=';';
    CloseFile(fTulis);
end;

```

```

If s='KETERSAMBUNGAN' then
Begin
    AssignFile(fTulis,NamaFile+'KON');
    Rewrite(fTulis);
    Readln(fInput,s);
    Repeat
        Readln(fInput,s);
        If s=';' then begin goto 14;end;
        Writeln(fTulis,s);
14:Until s=';';
    CloseFile(fTulis);
end;

```

```

If s='GAYA LUAR' then
Begin
    AssignFile(fTulis,NamaFile+'CGIL');
    Rewrite(fTulis);
    Readln(fInput,s);
    Repeat
        Readln(fInput,s);
        If s=';' then begin goto 15;end;
        Writeln(fTulis,s);
15:Until s=';';
    CloseFile(fTulis);
end;

```

```

If s='BEBAN ELEMEN' then
Begin
    AssignFile(fTulis,NamaFile+'BEL');
    Rewrite(fTulis);
    Readln(fInput,s);
    Repeat
        Readln(fInput,s);
        If s=';' then begin goto 18;end;
        Writeln(fTulis,s);
18:Until s=';';
    CloseFile(fTulis);
end;

```

```

If s='JENIS TUMPUAN' then
Begin
    AssignFile(fTulis,NamaFile+'JKB');
    Rewrite(fTulis);
    Readln(fInput,s);
    Repeat
        Readln(fInput,s);
        If s=';' then begin goto 16;end;
        Writeln(fTulis,s);
16:Until s=';';
    CloseFile(fTulis);
end;

```

```

in
ShowMessage('Kentir Loe !');Halt;
;

cedure Reference(namafile : string; NoRef : integer; var nno:string;var x,y,z : real);
f : text;
n : string[2];
o : integer;
x,ny,nz : real;
AdaRef : boolean;
in
AssignFile(f,NamaFile+'.REF');
{$I-}Reset(f);{$I+}
if IOResult<>0 then
Begin
ShowMessage('File '+NamaFile+'.REF tidak ditemukan');
Exit;
end;
AdaRef:=False;
Repeat
Readln(f,No,nx,ny,nz);
If No=NoRef then
Begin
nno:=nn; x:=nx; y:=ny; z:=nz;
AdaRef:=True;
end;
Until AdaRef or (eof(f)=True);
CloseFile(f);
;

cedure Integral(jenis:string; var px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil : real);
ist max = 100;
eps = 1e-5;
e indeks = 1..max;
uas = Array[indeks] of Real;
bx1,bx2 : Real;
asil1,hasil2 : real;
in
If (jenis=#9'I') or (jenis=#9'L') or (jenis='L') then
begin
bx1:=px1;
bx2:=px2;
end;
If (jenis=#9'k') or (jenis=#9'K') then
begin
bx1:=px1;
bx2:=px3;
end;

hasil1:=((((ca*cd)/6)*(bx1*bx1*bx1*bx1*bx1*bx1))+(((ca*ce)+(cb*cd))/5)*(bx1*bx1*bx1*bx1*bx1))+
(((ca*cf)+(cb*ce)+(cc*cd))/4)*(bx1*bx1*bx1*bx1))+(((ca*cg)+(cb*cf)+(cc*ce))/3)*(bx1*bx1*bx1))+
(((cb*cg)+(cc*cf))/2)*(bx1*bx1))+((cc*cg*bx1);

hasil2:=((((ca*cd)/6)*(bx2*bx2*bx2*bx2*bx2*bx2))+(((ca*ce)+(cb*cd))/5)*(bx2*bx2*bx2*bx2*bx2))+
(((ca*cf)+(cb*ce)+(cc*cd))/4)*(bx2*bx2*bx2*bx2))+(((ca*cg)+(cb*cf)+(cc*ce))/3)*(bx2*bx2*bx2))+
(((cb*cg)+(cc*cf))/2)*(bx2*bx2))+((cc*cg*bx2);

```

```

Repeat
  Readln(f,Node,nx,ny,nz);
  If Node=NoSimpul then
    Begin
      x:=nx;y:=ny;z:=nz;
      AdaSimpul:=True;
    end;
  Until AdaSimpul or (eof(f)=True);
  CloseFile(f);
d;

procedure JenisElemen(namafile : string,JenisElemen : integer;
  var BJ,E,A,Iz,Iy,J,nu,y,z,tt,Fyfield : real);
begin
  AssignFile(f,Namafile+'.JEM');
  {$I-}Reset(f);{$I+}
  if IOResult<>0 then
    Begin
      Showmessage('File '+Namafile+'.JEM tidak ditemukan');
      Exit;
    end;
  AdaJenisElemen:=False;
  Repeat
    Readln(f,NoE,nBJ,nE,nA,nIz,nIy,nJ,nnu,ny,nz,nt,nFyfield);
    If noe=JenisElemen then
      Begin
        BJ:=nBJ; E:=nE; A:=nA; Iy:=nIy; Iz:=nIz; J:=nJ; nu:=nnu; y:=ny; z:=nz; tt:=nt; Fyfield:=nFyfield;
        AdaJenisElemen := True;
      end;
  Until AdaJenisElemen or (eof(f)=True);
  CloseFile(f);
d;

procedure ElemenFrame(namafile : string);
var f,f1,f2,fklk,fcek : text;
fkl,jenis : string;
MM : string[2];
no1,no2,I,C,JE,i,nomorelemen,NR : integer;
x1,y1,z1,x2,y2,z2,BJ,E,A,Iy,Iz,I,G,nu,y,z,tt,Fyfield : real;
n,n,o,p,q,r,s,t,u,k,ka,kb,kc,kd,ke,kf,kg,kh,ki,L : real;
umlahelemen,n1,n2 : integer;
x3,y3,z3,L13,v,w,x,aa,bb,ccc,dd : real;
x1,px2,px3,q1,q2,q3,qx,qy,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil : real;
tin
NomorElemen:=0;
AssignFile(f,Namafile+'.CNT');
Rewrite(f);
AssignFile(fcek,Namafile+'.CEK');
Rewrite(fcek);
AssignFile(fklk,Namafile+'.KLK');
Rewrite(fklk);
AssignFile(f1,Namafile+'.KON');

```

```
L13:=sqrt(sqr(X3-X1)+sqr(Y3-Y1)+sqr(Z3-Z1));
v:=(x3-x1)/L13; w:=(y3-y1)/L13; x:=(z3-z1)/L13;
```

$$\begin{aligned} m &:= (x_2 - x_1) / L_x, \\ n &:= (y_2 - y_1) / L_y, \\ o &:= (z_2 - z_1) / L_z. \end{aligned}$$

```
aa:=(n*x)-(o*w);  bb:=(m*x)+(o*v);  ccc:=(m*w)-(n*v);
dd:=sqrt(sqrt(aa)+sqrt(bb)+sqrt(ccc));
s:=aa/dd;
t:=bb/dd;
u:=ccc/dd;
```

```

p:=((t*o)-(u*n));
q:=-(s*o)-(u*m);
r:=((s*n)-(t*m));
end;

```

begin

```
L13:=sqrt(sqrt(X3-X1)+sqrt(Y3-Y1)+sqrt(Z3-Z1));  
v:=(x3-x1)/L13; w:=(y3-y1)/L13; x:=(z3-z1)/L13;
```

$$\begin{aligned} m &:= (x_2 - x_1) / L; \\ n &:= (y_2 - y_1) / L; \\ o &:= (z_2 - z_1) / L; \end{aligned}$$

```
aa:=(m*x)-(o*w); bb:=-(m*x)+(o*v); ccc:=(m*w)-(n*v);
dd:=sqrt(sqrt(aa)+sqrt(bb)+sqrt(ccc));
p:=aa/dd;
q:=bb/dd;
r:=ccc/dd;
```

$$\begin{aligned} s &:= ((n^*r) - (o^*q)); \\ t &:= ((m^*r) - (o^*p)); \\ u &:= ((m^*q) - (n^*p)); \end{aligned}$$
$$k := E^* A L;$$
$$\begin{aligned} \text{ka} &:= (E^*12^*Iz)/(L^*L^*L); \text{kb} := (E^*6^*Iz)/(L^*L); \text{kc} := (E^*12^*Iy)/(L^*L^*L); \\ \text{kd} &:= (E^*6^*Iy)/(L^*L); \text{ke} := (E^*G)/L; \text{kf} := (E^*4^*Iy)/L; \text{kg} := (E^*2^*Iy)/L; \\ \text{kh} &:= (E^*4^*Iz)/L; \text{ki} := (E^*2^*Iz)/L; \end{aligned}$$

kh, ' ' , ki, ' ' , k, ' ' , m, ' ' , n, ' ' , o

```
WriteIn(fcek,nomorelemen,'n1','n2','BJ','E','A','L','nu','lz','lv','J','y','z','tt','Fvield);
```

WriteIn(fklk,nomorelemen):

[illegible]

```

IsiR(namafile,2,n1,hasil*n);
IsiR(namafile,3,n1,hasil*o);
IsiBAP(namafile,1,n1,hasil*m);
IsiBAP(namafile,2,n1,hasil*n);
IsiBAP(namafile,3,n1,hasil*o);
IsiHEF(namafile,nomorelemen,1,hasil*m);
IsiHEF(namafile,nomorelemen,2,hasil*n);
IsiHEF(namafile,nomorelemen,3,hasil*o);
cf:=(1/L); cg:=0;
Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
IsiR(namafile,1,n2,hasil*m);
IsiR(namafile,2,n2,hasil*n);
IsiR(namafile,3,n2,hasil*o);
IsiBAP(namafile,1,n2,hasil*m);
IsiBAP(namafile,2,n2,hasil*n);
IsiBAP(namafile,3,n2,hasil*o);
IsiHEF(namafile,nomorelemen,7,hasil*m);
IsiHEF(namafile,nomorelemen,8,hasil*n);
IsiHEF(namafile,nomorelemen,9,hasil*o);
end;
qv:=-B/J*A*q;
If qv<=0 then begin
  jenis:='L'; px1:=0; px2:=1; px3:=qv; q1:=qv; q2:=0; q3:=0; ca:=0; cb:=0; cc:=qv; cd:=(2/(L*L*L)); ce:=-
L*L); cf:=0; cg:=1;
  Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
  IsiR(namafile,1,n1,hasil*p);
  IsiR(namafile,2,n1,hasil*q);
  IsiR(namafile,3,n1,hasil*r);
  IsiBAP(namafile,1,n1,hasil*p);
  IsiBAP(namafile,2,n1,hasil*q);
  IsiBAP(namafile,3,n1,hasil*r);
  IsiHEF(namafile,nomorelemen,1,hasil*p);
  IsiHEF(namafile,nomorelemen,2,hasil*q);
  IsiHEF(namafile,nomorelemen,3,hasil*r);
  ed:=(1/(L*L)); ce:=(2/L); cf:=1; cg:=0;
  Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
  IsiR(namafile,4,n1,hasil*s);
  IsiR(namafile,5,n1,hasil*t);
  IsiR(namafile,6,n1,hasil*u);
  IsiBAP(namafile,4,n1,hasil*s);
  IsiBAP(namafile,5,n1,hasil*t);
  IsiBAP(namafile,6,n1,hasil*u);
  IsiHEF(namafile,nomorelemen,4,hasil*s);
  IsiHEF(namafile,nomorelemen,5,hasil*t);
  IsiHEF(namafile,nomorelemen,6,hasil*u);
  jenis:='L'; px1:=0; px2:=1; px3:=qv; q1:=qv; q2:=0; q3:=0; ca:=0; cb:=0; cc:=qv; cd:=(2/(L*L*L));
=3/(L*L*L)); cf:=0; cg:=0;
  Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
  IsiR(namafile,1,n2,hasil*p);
  IsiR(namafile,2,n2,hasil*q);
  IsiR(namafile,3,n2,hasil*r);
  IsiBAP(namafile,1,n2,hasil*p);
  IsiBAP(namafile,2,n2,hasil*q);
  IsiBAP(namafile,3,n2,hasil*r);
  IsiHEF(namafile,nomorelemen,7,hasil*p);
  IsiHEF(namafile,nomorelemen,8,hasil*q);
  IsiHEF(namafile,nomorelemen,9,hasil*r);

```



```

t;

procedure GayaLuar(namafile : string);
    fl          : text;
    no1,no2,LC   : integer;
    Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz,Force : real;
    Displ,JumlahSimpul,i : integer;
begin
    AssignFile(fl,NamaFile+'.GLR');
    {$I-}reset(fl); {$I+}
    If IOResult<>0 then
    Begin
        ShowMessage('File '+NamaFile+'. GLR tidak ditemukan');kel:=1;
        Exit;
    end;

repeat
    Readln(fl,no1,no2,LC,Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz);
    If LC=0 then JumlahSimpul:=0
    else JumlahSimpul:=(no2-no1) div LC;
    If Fx<>0 then
    Begin
        Force:=Fx; Displ:=1;
        For i:=1 to JumlahSimpul+1 do
        Begin
            IsiR(NamaFile,Displ,no1+(i-1)*LC,Force);
        end;
    end;
    If Fy<>0 then
    Begin
        Force:=Fy; Displ:=2;
        For i:=1 to JumlahSimpul+1 do
        Begin
            IsiR(NamaFile,Displ,no1+(i-1)*LC,Force);
        end;
    end;
    If Fz<>0 then
    Begin
        Force:=Fz; Displ:=3;
        For i:=1 to JumlahSimpul+1 do
        Begin
            IsiR(NamaFile,Displ,no1+(i-1)*LC,Force);
        end;
    end;
    If Mx<>0 then
    Begin
        Force:=Mx; Displ:=4;
        For i:=1 to JumlahSimpul+1 do
        Begin
            IsiR(NamaFile,Displ,no1+(i-1)*LC,Force);
        end;
    end;
    If My<>0 then
    Begin
        Force:=My; Displ:=5;
        For i:=1 to JumlahSimpul+1 do
    
```

```

Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz,Force: real;
Displ,JumlahSimpul,i : integer;
begin
  AssignFile(f1,NamaFile+'.BPN');
  {$I-}reset(f1);{$I+}
  If IOResult<>0 then
  Begin
    ShowMessage('File '+NamaFile+'.BPN tidak ditemukan');kel:=1;
  Exit;
end;

```

```

repeat
  Readln(f1,nomorElemen,no1,no2,L.C,Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz);
  If L.C=0 then JumlahSimpul:=0
  else JumlahSimpul:=(no2-no1) div L.C;
  If Fx<>0 then
  Begin
    Force:=Fx; Displ:=1;
    For i:=1 to JumlahSimpul+1 do
    Begin
      IsiBAP(NamaFile,Displ,no1+(i-1)*L.C,Force);
    end;
  end;
  If Fy<>0 then
  Begin
    Force:=Fy; Displ:=2;
    For i:=1 to JumlahSimpul+1 do
    Begin
      IsiBAP(NamaFile,Displ,no1+(i-1)*L.C,Force);
    end;
  end;
  If Fz<>0 then
  Begin
    Force:=Fz; Displ:=3;
    For i:=1 to JumlahSimpul+1 do
    Begin
      IsiBAP(NamaFile,Displ,no1+(i-1)*L.C,Force);
    end;
  end;
  If Mx<>0 then
  Begin
    Force:=Mx; Displ:=4;
    For i:=1 to JumlahSimpul+1 do
    Begin
      IsiBAP(NamaFile,Displ,no1+(i-1)*L.C,Force);
    end;
  end;
  If My<>0 then
  Begin
    Force:=My; Displ:=5;
    For i:=1 to JumlahSimpul+1 do
    Begin
      IsiBAP(NamaFile,Displ,no1+(i-1)*L.C,Force);
    end;
  end;
  If Mz<>0 then
  Begin

```

```

1,y1,z1,x2,y2,z2,BJ,E,A,L,ka,kb,ke,kd,ke,kf,kg,kh,ki,k,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu,lz,ly,J : real;
in
=0;
AssignFile(f,Namafile+'.GLR');
Rewrite(f);
AssignFile(f1,NamaFile+'.CGL');
$1-}Reset(f1);{$1+}
f IOResult<>0 then begin Goto 1; end;
repeat
Readln(f1,no1,no2,LC,sumbu,Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz,elemen);
If (sumbu=#9'g') or (sumbu=#9'G') then
Begin
Writeln(f,no1,' ',no2,' ',LC,' ',Fx,' ',Fy,' ',Fz,' ',Mx,' ',My,' ',Mz);
end;
If (sumbu=#9'l') or (sumbu=#9'L') then
begin
AssignFile(f2,NamaFile+'.CNT');
Reset(f2);
Repeat
Readln(f2,noelm,n1,x1,y1,z1,n2,x2,y2,z2,BJ,E,A,L,ka,kb,ke,kd,ke,kf,kg,kh,ki,k,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu,lz,ly,J);
Until noelm=elemen;
Writeln(f,no1,' ',no2,' ',LC,' ',(Fx*m)+(Fy*p)+(Fz*s),' ',(Fx*n)+(Fy*q)+(Fz*t),' ',(Fx*o)+(Fy*r)+(Fz*u),
x*m)+(My*p)+(Mz*s)
,' ',(Mx*n)+(My*q)+(Mz*t),' ',(Mx*o)+(Mz*r)+(Mz*u));
CloseFile(f2);
end;
Until eof(f1)=true;
CloseFile(f1);
CloseFile(f);
=

```

```

cedure BebanElemen(namafilename : string);
l 1;
f,f1,f3,f2 : text;
o,noelm,n1,n2 : integer;
enis : string[2];
arah : string[2];
x1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil : real;
1,y1,z1,x2,y2,z2,BJ,E,A,L,ka,kb,ke,kd,ke,kf,kg,kh,ki,k,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu,lz,ly,J : real;
in
AssignFile(f2,NamaFile+'.BPN');
Rewrite(f2);
AssignFile(f3,NamaFile+'.BEL');
$1-}Reset(f3);{$1+}
f IOResult<>0 then goto 1;
AssignFile(f1,NamaFile+'.GLR');
Append(f1);
repeat
px1:=0;px2:=0;px3:=0;q1:=0;q2:=0;q3:=0;
ca:=0;cb:=0;cc:=0;cd:=0;ce:=0;cf:=0;cg:=0;
Readln(f3,no,jenis,arah,px1,px2,px3,q1,q2,q3);

```

```

{-----Beban Terpusat-----}
If (jenis=#9'p') or (jenis=#9'P') then
Begin
If (arah=#9'X') or (arah=#9'x') then
Begin

```

```

IsiHef>NamaFile,no,2,n*((L-px3)/L)*q1);
IsiHef>NamaFile,no,3,o*((L-px3)/L)*q1);
Writeln(f1,n2,'n2','1','m*(px3/L)*q1','n*(px3/L)*q1','o*(px3/L)*q1','0','0','0');
IsiHef>NamaFile,no,7,m*(px3/L)*q1);
IsiHef>NamaFile,no,8,n*(px3/L)*q1);
IsiHef>NamaFile,no,9,o*(px3/L)*q1);
Writeln(f2,no,'n1','n1','1','m*((L-px3)/L)*q1','n*((L-px3)/L)*q1','o*((L-px3)/L)*q1','0','0','0');
Writeln(f2,no,'n2','n2','1','m*(px3/L)*q1','n*(px3/L)*q1','o*(px3/L)*q1','0','0','0');
end;

If q2<0 then begin
Writeln(f1,n1,'n1','1','m*((L-q2)/L)*q3','n*((L-q2)/L)*q3','o*((L-q2)/L)*q3','0','0','0');
IsiHef>NamaFile,no,1,m*((L-q2)/L)*q3);
IsiHef>NamaFile,no,2,n*((L-q2)/L)*q3);
IsiHef>NamaFile,no,3,o*((L-q2)/L)*q3);
Writeln(f1,n2,'n2','1','m*(q2/L)*q3','n*(q2/L)*q3','o*(q2/L)*q3','0','0','0');
IsiHef>NamaFile,no,7,m*(q2/L)*q3);
IsiHef>NamaFile,no,8,n*(q2/L)*q3);
IsiHef>NamaFile,no,9,o*(q2/L)*q3);
Writeln(f2,no,'n1','n1','1','m*((L-q2)/L)*q3','n*((L-q2)/L)*q3','o*((L-q2)/L)*q3','0','0','0');
Writeln(f2,no,'n2','n2','1','m*(q2/L)*q3','n*(q2/L)*q3','o*(q2/L)*q3','0','0','0');
end;
CloseFile(f);
end;

If (arah=#9'Y') or (arah=#9'Y') then
Begin
AssignFile(f>NamaFile+'CNT');
Reset(f);
Repeat
Readln(f,noelm,n1,x1,y1,z1,n2,x2,y2,z2,BJ,E,A,L,ka,kb,ke,kd,ke,kf,kg,kh,ki,k,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu,lz,ly,J);
Until noelm=no;
Writeln(f1,n1,'n1','1','(1-((3*px1*px1)/(L*L)))+(2*px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*p','(1-
*px1*px1)/(L*L))+
((2*px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*q','(1-((3*px1*px1)/(L*L)))+(2*px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*r,
x1-((2*px1*px1)/L)+
((px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*s','(px1-((2*px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L))*px2*t','(px1-
((2*px1*px1)/L)+
((px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*u);
IsiHef>NamaFile,no,1,(1-((3*px1*px1)/(L*L)))+(2*px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*p);
IsiHef>NamaFile,no,2,(1-((3*px1*px1)/(L*L)))+(2*px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*q);
IsiHef>NamaFile,no,3,(1-((3*px1*px1)/(L*L)))+(2*px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*r);
IsiHef>NamaFile,no,4,(px1-((2*px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L))*px2*s);
IsiHef>NamaFile,no,5,(px1-((2*px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L))*px2*t);
IsiHef>NamaFile,no,6,(px1-((2*px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L))*px2*u);
Writeln(f1,n2,'n2','1','(((3*px1*px1)/(L*L))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*p','(((3*px1*px1)/(L*L))-
((2*px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*q','(((3*px1*px1)/(L*L))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*r,
(px1*px1)/L)+
((px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*s','(-(px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L))*px2*t','(-(px1*px1)/L)+
((px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*u);
IsiHef>NamaFile,no,7,(((3*px1*px1)/(L*L))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*p);
IsiHef>NamaFile,no,8,(((3*px1*px1)/(L*L))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*q);
IsiHef>NamaFile,no,9,(((3*px1*px1)/(L*L))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L))*px2*r);
IsiHef>NamaFile,no,10,(-(px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L))*px2*s);
IsiHef>NamaFile,no,11,(-(px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L))*px2*t);
IsiHef>NamaFile,no,12,(-(px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L))*px2*u);

```



```

Readln(f, noelm.n1,x1,y1,z1,n2,x2,y2,z2,BJ,E,A,L,ka,kb,ke,kd,kf,kg,kh,ki,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu,Iz,Iy,J);
Until noelm=no;
Writeln(f1,n1,'n1','1','1','1',1-((3*px1*px1)/(L*L*1))+((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*s','1-(
*px1*px1)/(L*L*1))+
((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*t','1-((3*px1*px1)/(L*L*1))+((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*u',
x1-((2*px1*px1)/L)+
((px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*p','(px1-((2*px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*q','(px1-
*px1*px1)/L)+
((px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*r);
IsiHef(NamaFile,no,1,1-((3*px1*px1)/(L*L*1))+((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*s);
IsiHef(NamaFile,no,2,1-((3*px1*px1)/(L*L*1))+((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*t);
IsiHef(NamaFile,no,3,1-((3*px1*px1)/(L*L*1))+((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*u);
IsiHef(NamaFile,no,4,(px1-((2*px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*p);
IsiHef(NamaFile,no,5,(px1-((2*px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*q);
IsiHef(NamaFile,no,6,(px1-((2*px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*r);
Writeln(f1,n2,'n2','1','1','1',((3*px1*px1)/(L*L*1))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*s','((3*px1*px1)/(L*L*1))-
((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*t','((3*px1*px1)/(L*L*1))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*u','(-
x1*px1)/L)+
((px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*p','(-(px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*q','(-(px1*px1)/L)+
((px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*r);
IsiHef(NamaFile,no,7,((3*px1*px1)/(L*L*1))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*s);
IsiHef(NamaFile,no,8,((3*px1*px1)/(L*L*1))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*t);
IsiHef(NamaFile,no,9,((3*px1*px1)/(L*L*1))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*u);
IsiHef(NamaFile,no,10,(-(px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*p);
IsiHef(NamaFile,no,11,(-(px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*q);
IsiHef(NamaFile,no,12,(-(px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*r);
Writeln(f2,n1,'n1','n1','1','1',1-((3*px1*px1)/(L*L*1))+((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*s','1-(
*px1*px1)/(L*L*1))+
((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*t','1-((3*px1*px1)/(L*L*1))+((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*u',
x1-((2*px1*px1)/L)+
((px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*p','(px1-((2*px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*q','(px1-
((2*px1*px1)/L)+
((px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*r);
Writeln(f2,n2,'n2','n2','1','1',((3*px1*px1)/(L*L*1))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*s',
(3*px1*px1)/(L*L*1))-
((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*t','((3*px1*px1)/(L*L*1))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*1))) *px2*u','(-
x1*px1)/L)+
((px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*p','(-(px1*px1)/L)+(px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*q','(-(px1*px1)/L)+
((px1*px1*px1)/(L*L*1))) *px2*r);
If px3<0 then begin
Writeln(f1,n1,'n1','n1','1','1',1-((3*px3*px3)/(L*L*1))+((2*px3*px3*px3)/(L*L*L*1))) *q1*s','1-(
*px3*px3)/(L*L*1))+
((2*px3*px3*px3)/(L*L*L*1))) *q1*t','1-((3*px3*px3)/(L*L*1))+((2*px3*px3*px3)/(L*L*L*1))) *q1*u',
x3-((2*px3*px3)/L)+
((px3*px3*px3)/(L*L*1))) *q1*p','(px3-((2*px3*px3)/L)+(px3*px3*px3)/(L*L*1))) *q1*q','(px3-
*px3*px3)/L)+
((px3*px3*px3)/(L*L*1))) *q1*r);
IsiHef(NamaFile,no,1,1-((3*px3*px3)/(L*L*1))+((2*px3*px3*px3)/(L*L*L*1))) *q1*s);
IsiHef(NamaFile,no,2,1-((3*px3*px3)/(L*L*1))+((2*px3*px3*px3)/(L*L*L*1))) *q1*t);
IsiHef(NamaFile,no,3,1-((3*px3*px3)/(L*L*1))+((2*px3*px3*px3)/(L*L*L*1))) *q1*u);
IsiHef(NamaFile,no,4,(px3-((2*px3*px3)/L)+(px3*px3*px3)/(L*L*1))) *q1*p);
IsiHef(NamaFile,no,5,(px3-((2*px3*px3)/L)+(px3*px3*px3)/(L*L*1))) *q1*q);
IsiHef(NamaFile,no,6,(px3-((2*px3*px3)/L)+(px3*px3*px3)/(L*L*1))) *q1*r);
Writeln(f1,n2,'n2','1','1',((3*px3*px3)/(L*L*1))-((2*px3*px3*px3)/(L*L*L*1))) *q1*s','((3*px3*px3)/(L*L*1))-
((2*px3*px3*px3)/(L*L*L*1))) *q1*t','((3*px3*px3)/(L*L*1))-((2*px3*px3*px3)/(L*L*L*1))) *q1*u','(-
x1*px1)/L)+

```

```
((px3*px3*px3)/(L*L))) * q1 * p, ' , -( (px3*px3)/L) + ((px3*px3*px3)/(L*L))) * q1 * q, ' , -( (px3*px3)/L) +
((px3*px3*px3)/(L*L))) * q1 * r);
```

end;

If q2<>0 then begin

```
Writeln(f1,n1,' ',n1,' ', '1',' ', (1-((3*q2*q2)/(L*L)))+(2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * s, ' ', (1-
q2*q2)/(L*L)) + ((2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * t
', ' ', (1-((3*q2*q2)/(L*L)))+(2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * u, ' ', (q2-
q2*q2)/(L) + ((q2*q2*q2)/(L*L)) * q3 * p, ' ', (q2-((2*q2*q2)/(L) +
((q2*q2*q2)/(L*L))) * q5 * q, ' ', (q2-((2*q2*q2)/(L) + ((q2*q2*q2)/(L*L))) * q5 * r);
IsilHef>NamaFile,no,1,(1-((3*q2*q2)/(L*L)))+(2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * s);
IsilHef>NamaFile,no,2,(1-((3*q2*q2)/(L*L)))+(2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * t);
IsilHef>NamaFile,no,3,(1-((3*q2*q2)/(L*L)))+(2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * u);
IsilHef>NamaFile,no,4,(q2-((2*q2*q2)/(L) + ((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * p);
IsilHef>NamaFile,no,5,(q2-((2*q2*q2)/(L) + ((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * q);
IsilHef>NamaFile,no,6,(q2-((2*q2*q2)/(L) + ((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * r);
Writeln(f1,n2,' ',n2,' ', '1',' ', ((3*q2*q2)/(L*L)) - ((2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * s, ' ', ((3*q2*q2)/(L*L)) -
q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * t
', ' ', ((3*q2*q2)/(L*L)) - ((2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * u, ' ', -( (q2*q2)/(L) + ((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * p, '
(q2*q2)/(L) +
((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * q, ' ', -( (q2*q2)/(L) + ((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * r);
IsilHef>NamaFile,no,7,(((3*q2*q2)/(L*L)) - ((2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * s);
IsilHef>NamaFile,no,8,(((3*q2*q2)/(L*L)) - ((2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * t);
IsilHef>NamaFile,no,9,(((3*q2*q2)/(L*L)) - ((2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * u);
IsilHef>NamaFile,no,10,(-(q2*q2)/(L) + ((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * p);
IsilHef>NamaFile,no,11,(-(q2*q2)/(L) + ((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * q);
IsilHef>NamaFile,no,12,(-(q2*q2)/(L) + ((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * r);
Writeln(f2,no,' ',n1,' ',n1,' ', '1',' ', (1-((3*q2*q2)/(L*L)))+(2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * s, ' ', (1-((3*q2*q2)/(L*L)) +
((2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * t, ' ', (1-((3*q2*q2)/(L*L)))+(2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * u, ' ', (q2-
q2*q2)/(L) +
((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * p, ' ', (q2-((2*q2*q2)/(L) + ((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * q, ' ', (q2-
q2*q2)/(L) + ((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * r);
Writeln(f2,no,' ',n2,' ', '1',' ', ((3*q2*q2)/(L*L)) - ((2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * s, ' ', ((3*q2*q2)/(L*L)) -
q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * t
', ' ', ((3*q2*q2)/(L*L)) - ((2*q2*q2*q2)/(L*L*L))) * q3 * u, ' ', -( (q2*q2)/(L) + ((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * p, '
(q2*q2)/(L) +
((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * q, ' ', -( (q2*q2)/(L) + ((q2*q2*q2)/(L*L))) * q3 * r);
```

end;

CloseFile(f);

end;

end;

{-----Beban Merata Linier-----}

If (jenis=#91) or (jenis=#9L) then

Begin

If (arah=#9'X') or (arah=#9'x') then

Begin

AssignFile(f>NamaFile+'.CNT');

Reset(f);

Repeat

Readln(f,noelm,n1,x1,y1,z1,n2,x2,y2,z2,B1,E,A,L,ka,kb,kc,kd,ke,kf,kg,kh,ki,k,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu,lz,ly,J);

Until noelm=no;

ch:=(px3-q1)/(px1-px2);

cc:=px3-(cb*px1);

cg:=1;

cf:=(1/L);

Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,cc,cb,cc,cd,cf,cf,cf);

```

Reset(f);
Repeat
  Readln(f,noelm,n1,x1,y1,z1,n2,x2,y2,z2,BJ,E,A,L,ka,kb,ke,kd,ke,kf,kg,kh,ki,k,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu,lz,ly,J);
Until noelm=no;
cb:=(px3-q1)/(px1-px2);
cc:=(px3-(cb*px1);
cg:=1;
ce:=(3/(1.*1.));
cd:=(2/(1.*1.));
Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
Writeln(f1,n1,'n1','1','p*hasil','q*hasil','r*hasil','0','0','0');
IsiIef(NamaFile,no,1,p*hasil);
IsiHef(NamaFile,no,2,q*hasil);
IsiIef(NamaFile,no,3,r*hasil);
Writeln(f2,no,'n1','n1','1','p*hasil','q*hasil','r*hasil','0','0','0');
cg:=0;
cf:=1;
ce:=(2/L.);
cd:=(1/(1.*1.));
Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
Writeln(f1,n1,'n1','1','0','0','0','s*hasil','t*hasil','u*hasil');
IsiIef(NamaFile,no,4,s*hasil);
IsiHef(NamaFile,no,5,t*hasil);
IsiIef(NamaFile,no,6,u*hasil);
Writeln(f2,no,'n1','n1','1','0','0','0','s*hasil','t*hasil','u*hasil');
cg:=0;
cf:=0;
ce:=(3/(1.*1.));
cd:=(2/(1.*1.));
Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
Writeln(f1,n2,'n2','1','p*hasil','q*hasil','r*hasil','0','0','0');
IsiIef(NamaFile,no,7,p*hasil);
IsiHef(NamaFile,no,8,q*hasil);
IsiIef(NamaFile,no,9,r*hasil);
Writeln(f2,no,'n2','n2','1','p*hasil','q*hasil','r*hasil','0','0','0');
cg:=0;
cf:=0;
ce:=(1/L.);
cd:=(1/(1.*1.));
Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
Writeln(f1,n2,'n2','1','0','0','0','s*hasil','t*hasil','u*hasil');
IsiIef(NamaFile,no,10,s*hasil);
IsiHef(NamaFile,no,11,t*hasil);
IsiIef(NamaFile,no,12,u*hasil);
Writeln(f2,no,'n2','n2','1','0','0','0','s*hasil','t*hasil','u*hasil');
CloseFile(f);
end;

```

If (arah=#9'Z') or (arah=#9'z') then

Begin

AssignFile(f,NamaFile+'.CNT');

Reset(f);

Repeat

Readln(f,noelm,n1,x1,y1,z1,n2,x2,y2,z2,BJ,E,A,L,ka,kb,ke,kd,ke,kf,kg,kh,ki,k,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu,lz,ly,J);

Until noelm=no;

cb:=(px3-q1)/(px1-px2);

cc:=(px3-(cb*px1);


```

cg:=0;
cf:=0;
ce:=(3/(L*L));
cd:=-2/(L*L*L));
Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
WriteLn(f1,n2,'',n2,'','1','','s*hasil','','t*hasil','','u*hasil','','0','','0','','0');
IsiHef>NamaFile,no,7,s*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,8,t*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,9,u*hasil);
WriteLn(f2,no,'',n2,'',n2,'','1','','s*hasil','','t*hasil','','u*hasil','','0','','0','','0');
cg:=0;
cf:=0;
ce:=-1/(L.);
cd:=(1/(L*L));
Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
WriteLn(f1,n2,'',n2,'','1','','0','','0','','0','','p*hasil','','q*hasil','','r*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,10,p*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,11,q*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,12,r*hasil);
WriteLn(f2,no,'',n2,'',n2,'','1','','0','','0','','0','','p*hasil','','q*hasil','','r*hasil);
CloseFile(f);
end;
end;

{-----Beban Merata Kuadrat-----}
If (jenis=#9'k') or (jenis=#9'K') then
Begin
ca:=((((q1-q3)*(px2-px3))/(px1-px3))-q2+q3)/((((sqr(px1))-(sqr(px3)))*(px2-px3))/(px1-px3))-((sqr(px2))-
(px3))));
cb:=(q2-q3-(ca*px2*px2)+(ca*px3*px3))/(px2-px3);
cc:=q3-(ca*px3*px3)-(cb*px3);
If (arah=#9'X') or (arah=#9'x') then
Begin
AssignFile(f>NamaFile+'.CNT');
Reset(f);
Repeat
ReadLn(f,noelm,n1,x1,y1,z1,n2,x2,y2,z2,I3J,I4,A,L,ka,kb,ke,kd,ke,kf,kg,kh,ki,k,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu,lz,ly,J);
Until noelm=no;
cg:=1;
cf:=-1/L.;
Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
WriteLn(f1,n1,'',n1,'','1','','m*hasil','','n*hasil','','o*hasil','','0','','0','','0');
IsiHef>NamaFile,no,1,m*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,2,n*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,3,o*hasil);
WriteLn(f2,no,'',n1,'',n1,'','1','','m*hasil','','n*hasil','','o*hasil','','0','','0','','0');
cg:=0;
cf:=(1/L.);
WriteLn(f1,n2,'',n2,'','1','','m*hasil','','n*hasil','','o*hasil','','0','','0','','0');
IsiHef>NamaFile,no,7,m*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,8,n*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,9,o*hasil);
WriteLn(f2,no,'',n2,'',n2,'','1','','m*hasil','','n*hasil','','o*hasil','','0','','0','','0');
CloseFile(f);
end;
end;

If (arah=#9'Y') or (arah=#9'y') then

```

```

Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
Writeln(f1,n1,'',n1,'',1,'',1,'',0,'',0,'',0,'',s*hasil,'',t*hasil,'',u*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,4,s*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,5,t*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,6,u*hasil);
Writeln(f2,no,'',n1,'',n1,'',1,'',1,'',0,'',0,'',0,'',s*hasil,'',t*hasil,'',u*hasil);
cg:=0;
cf:=0;
ce:=(3/(1.*1.));
cd:=-2/(1.*1.*1.);
Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
Writeln(f1,n2,'',n2,'',1,'',1,'',p*hasil,'',q*hasil,'',r*hasil,'',0,'',0,'',0);
IsiHef>NamaFile,no,7,p*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,8,q*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,9,r*hasil);
Writeln(f2,no,'',n2,'',n2,'',1,'',1,'',p*hasil,'',q*hasil,'',r*hasil,'',0,'',0,'',0);
cg:=0;
cf:=0;
ce:=-1/(1.);
cd:=-1/(1.*1.);
Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
Writeln(f1,n2,'',n2,'',1,'',1,'',0,'',0,'',0,'',s*hasil,'',t*hasil,'',u*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,10,s*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,11,t*hasil);
IsiHef>NamaFile,no,12,u*hasil);
Writeln(f2,no,'',n2,'',n2,'',1,'',1,'',0,'',0,'',0,'',s*hasil,'',t*hasil,'',u*hasil);
CloseFile(f);
end;

```

If (arah=#9'Z') or (arah=#9'z') then

Begin

AssignFile(f>NamaFile+'.CNT');

Reset(f);

Repeat

Readln(f,noelm,n1,x1,y1,z1,n2,x2,y2,z2,B,J,E,A,L,ka,kb,kc,kd,ke,kf,kg,kh,ki,k,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu,lz,ly,J);

Until noelm=no;

cg:=1;

ce:=(3/(1.*1.));

cd:=(2/(1.*1.*1.));

Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);

Writeln(f1,n1,'',n1,'',1,'',1,'',s*hasil,'',t*hasil,'',u*hasil,'',0,'',0,'',0);

IsiHef>NamaFile,no,1,s*hasil);

IsiHef>NamaFile,no,2,t*hasil);

IsiHef>NamaFile,no,3,u*hasil);

Writeln(f2,no,'',n1,'',n1,'',1,'',1,'',s*hasil,'',t*hasil,'',u*hasil,'',0,'',0,'',0);

cg:=0;

cf:=1;

ce:=(2/L);

cd:=-1/(1.*1.);

Integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);

Writeln(f1,n1,'',n1,'',1,'',1,'',0,'',0,'',0,'',p*hasil,'',q*hasil,'',r*hasil);

IsiHef>NamaFile,no,4,p*hasil);

IsiHef>NamaFile,no,5,q*hasil);

IsiHef>NamaFile,no,6,r*hasil);

Writeln(f2,no,'',n1,'',n1,'',1,'',1,'',0,'',0,'',0,'',p*hasil,'',q*hasil,'',r*hasil);

cg:=0;

cf:=0;


```

    end;
end;

until eof(f3)=True;
CloseFile(f3);CloseFile(f1);
1:CloseFile(f2);
d;

procedure Tumpuan(namafile : string;Jtumpuan : integer;var u,v,w,tx,ty,tz : integer);
begin
    ex:
    f : text;
    JT : integer;
    nu,nv,nw,ntx,nty,ntz : integer;
begin
    AssignFile(f,Namafile+'.JKB');
    {$I-}Reset(f);{$I+}
    If IOResult<>0 then
    Begin
        ShowMessage('File '+Namafile+'.JKB tidak ditemukan');
        Exit;
    end;
    Repeat
        Readln(f,JT,nu,nv,nw,ntx,nty,ntz);
        If JT=Jtumpuan then
        begin
            u:=nu; v:=nv; w:=nw; tx:=ntx; ty:=nty; tz:=ntz;
            goto ex;
        end;
    until eof(f)=True;
    CloseFile(f);
d;

procedure KondisiBatas(namafile : string);
var f,f1,f2,f3 : text;
no1,no2,LC,JR : integer;
JumlahSimpul,i,u,v,w,tx,ty,tz : integer;
begin
    AssignFile(f,namafile+'.CST');
    Rewrite(f);

    AssignFile(f2,namafile+'.CS1');
    Rewrite(f2);
    AssignFile(f3,namafile+'.CS2');
    Rewrite(f3);

    AssignFile(f1,namafile+'.KNB');
    {$I-}Reset(f1);{$I+}
    If IOResult<>0 then
    Begin
        ShowMessage('File '+Namafile+'.KNB tidak ditemukan');Kel:=1;CloseFile(f);
        Exit;
    end;
    Repeat
        Readln(f1,no1,no2,LC,JR);
        If LC=0 then JumlahSimpul:=0
        else JumlahSimpul:=(no2-no1) div LC;

```

```

CloseFile(f);
d;

procedure BacaDataMeshGeneration(NamaFile : string);
label 1;
var nama      : string;
f1,f2        : text;
t1,t2,ii,jj  : integer;
a            : real;
begin
    kel:=0;
    BacaFileInputMeshGeneration(NamaFile);
    KondisiBatas(NamaFile);

    {Inisialisasi ukuran matriks}
    jest:=0;
    AssignFile(f1,namafile+'.est');
    Reset(f1);
    Repeat
        Readln(f1,t1,t2);
        jest:=jest+1;
    Until eof(f1)=true;
    CloseFile(f1);
    nama:=namafile;
    jn:=node(nama);
    jm:=jn*6;
    jp:=jm-jest;
    BuatFileR;

    ElemenFrame(NamaFile);
    RubahGayaLuar(NamaFile);
    BebanElemen(NamaFile);
    GayaLuar(NamaFile);
    BebanPindahan(NamaFile);

    {Tuliskan BAP}
    AssignFile(f1,NamaFile+'.BAP');
    Rewrite(f1);
    For jj:=1 to jn do begin
        For ii:=1 to 6 do
            begin
                a:=Bap[ii+((jj-1)*6)];
                If a<>0 then Writeln(f1,ii,' ',jj,' ',a);
            end;
        end;
    end;
    CloseFile(f1);

    If kel=1 then Begin Goto 1;end;
    1: If kel=1 then Begin Keluar;end;
    t;

    1.

```

```

procedure perhitungan_matriks_stiffeners}
procedure HitungStiffeners(namafilename : string);
var
m,n,o,p,q,r,s,t,u,v,k,l,ka,kb,kc,kd,ke,kf,kg,kh,ki,nu : real;
ilai : real;

```

$nilai = (p * t * kb) - (q * s * kd);$ $isiK(1, n1, 5, n1, nilai);$
 $nilai = (p * u * kb) - (r * s * kd);$ $isiK(1, n1, 6, n1, nilai);$
 $nilai = -(m * m * k) - (p * p * ka) - (s * s * ke);$ $isiK(1, n1, 1, n2, nilai);$
 $nilai = -(m * n * k) - (p * q * ka) - (s * t * ke);$ $isiK(1, n1, 2, n2, nilai);$
 $nilai = -(m * o * k) - (p * r * ka) - (s * u * ke);$ $isiK(1, n1, 3, n2, nilai);$
 $nilai = p * s * (kb - kd);$ $isiK(1, n1, 4, n2, nilai);$
 $nilai = (p * t * kb) - (q * s * kd);$ $isiK(1, n1, 5, n2, nilai);$
 $nilai = (p * u * kb) - (r * s * kd);$ $isiK(1, n1, 6, n2, nilai);$

{2} $nilai = (m * n * k) + (p * q * ka) + (s * t * ke);$ $isiK(2, n1, 1, n1, nilai);$
 $nilai = (n * n * k) + (q * q * ka) + (t * t * ke);$ $isiK(2, n1, 2, n1, nilai);$
 $nilai = (n * o * k) + (q * r * ka) + (t * u * ke);$ $isiK(2, n1, 3, n1, nilai);$
 $nilai = (q * s * kb) - (p * t * kd);$ $isiK(2, n1, 4, n1, nilai);$
 $nilai = q * t * (kb - kd);$ $isiK(2, n1, 5, n1, nilai);$
 $nilai = (q * u * kb) - (r * t * kd);$ $isiK(2, n1, 6, n1, nilai);$
 $nilai = -(m * n * k) - (p * q * ka) - (s * t * ke);$ $isiK(2, n1, 1, n2, nilai);$
 $nilai = -(n * n * k) - (q * q * ka) - (t * t * ke);$ $isiK(2, n1, 2, n2, nilai);$
 $nilai = -(n * o * k) - (q * r * ka) - (t * u * ke);$ $isiK(2, n1, 3, n2, nilai);$
 $nilai = (q * s * kb) - (p * t * kd);$ $isiK(2, n1, 4, n2, nilai);$
 $nilai = q * t * (kb - kd);$ $isiK(2, n1, 5, n2, nilai);$
 $nilai = (q * u * kb) - (r * t * kd);$ $isiK(2, n1, 6, n2, nilai);$

{3} $nilai = (m * o * k) + (p * r * ka) + (s * u * ke);$ $isiK(3, n1, 1, n1, nilai);$
 $nilai = (n * o * k) + (q * r * ka) + (t * u * ke);$ $isiK(3, n1, 2, n1, nilai);$
 $nilai = (o * o * k) + (r * r * ka) + (u * u * ke);$ $isiK(3, n1, 3, n1, nilai);$
 $nilai = (r * s * kb) - (p * u * kd);$ $isiK(3, n1, 4, n1, nilai);$
 $nilai = (r * t * kb) - (q * u * kd);$ $isiK(3, n1, 5, n1, nilai);$
 $nilai = r * u * (kb - kd);$ $isiK(3, n1, 6, n1, nilai);$
 $nilai = -(m * o * k) - (p * r * ka) - (s * u * ke);$ $isiK(3, n1, 1, n2, nilai);$
 $nilai = -(n * o * k) - (q * r * ka) - (t * u * ke);$ $isiK(3, n1, 2, n2, nilai);$
 $nilai = -(o * o * k) - (r * r * ka) - (u * u * ke);$ $isiK(3, n1, 3, n2, nilai);$
 $nilai = (r * s * kb) - (p * u * kd);$ $isiK(3, n1, 4, n2, nilai);$
 $nilai = (r * t * kb) - (q * u * kd);$ $isiK(3, n1, 5, n2, nilai);$
 $nilai = r * u * (kb - kd);$ $isiK(3, n1, 6, n2, nilai);$

{4} $nilai = p * s * (kb - kd);$ $isiK(4, n1, 1, n1, nilai);$
 $nilai = (q * s * kb) - (p * t * kd);$ $isiK(4, n1, 2, n1, nilai);$
 $nilai = (r * s * kb) - (p * u * kd);$ $isiK(4, n1, 3, n1, nilai);$
 $nilai = (m * m * ke) + (p * p * kf) + (s * s * kh);$ $isiK(4, n1, 4, n1, nilai);$
 $nilai = (m * n * ke) + (p * q * kf) + (s * t * kh);$ $isiK(4, n1, 5, n1, nilai);$
 $nilai = (m * o * ke) + (p * r * kf) + (s * u * kh);$ $isiK(4, n1, 6, n1, nilai);$
 $nilai = p * s * (kd - kb);$ $isiK(4, n1, 1, n2, nilai);$
 $nilai = (p * t * kd) - (q * s * kb);$ $isiK(4, n1, 2, n2, nilai);$
 $nilai = (p * u * kd) - (r * s * kb);$ $isiK(4, n1, 3, n2, nilai);$
 $nilai = -(m * m * ke) + (p * p * kg) + (s * s * ki);$ $isiK(4, n1, 4, n2, nilai);$
 $nilai = -(m * n * ke) + (p * q * kg) + (s * t * ki);$ $isiK(4, n1, 5, n2, nilai);$
 $nilai = -(m * o * ke) + (p * r * kg) + (s * u * ki);$ $isiK(4, n1, 6, n2, nilai);$

{5} $nilai = -(q * s * kd) + (p * t * kb);$ $isiK(5, n1, 1, n1, nilai);$
 $nilai = q * t * (kb - kd);$ $isiK(5, n1, 2, n1, nilai);$
 $nilai = -(q * u * kd) + (r * t * kb);$ $isiK(5, n1, 3, n1, nilai);$
 $nilai = (m * n * ke) + (p * q * kf) + (s * t * kh);$ $isiK(5, n1, 4, n1, nilai);$
 $nilai = (n * n * ke) + (q * q * kf) + (t * t * kh);$ $isiK(5, n1, 5, n1, nilai);$
 $nilai = (n * o * ke) + (q * r * kf) + (t * u * kh);$ $isiK(5, n1, 6, n1, nilai);$
 $nilai = (q * s * kd) - (p * t * kb);$ $isiK(5, n1, 1, n2, nilai);$
 $nilai = q * t * (kd - kb);$ $isiK(5, n1, 2, n2, nilai);$
 $nilai = -(q * u * kd) + (r * t * kb);$ $isiK(5, n1, 3, n2, nilai);$

```

nilai:=-(m*o*k)-(p*r*ka)-(s*u*ke);      isiK(1,n2,3,n1,nilai);
nilai:= p*s*(kd-kb);                        isiK(1,n2,4,n1,nilai);
nilai:=-(p*t*kb)+(q*s*kd);                 isiK(1,n2,5,n1,nilai);
nilai:=-(p*u*kb)+(r*s*kd);                 isiK(1,n2,6,n1,nilai);
nilai:= (m*m*k)+(p*p*ka)+(s*s*ke);         isiK(1,n2,1,n2,nilai);
nilai:= (m*n*k)+(p*q*ka)+(s*t*ke);         isiK(1,n2,2,n2,nilai);
nilai:= (m*o*k)+(p*r*ka)+(s*u*ke);         isiK(1,n2,3,n2,nilai);
nilai:= p*s*(kd-kb);                        isiK(1,n2,4,n2,nilai);
nilai:=-(p*t*kb)+(q*s*kd);                 isiK(1,n2,5,n2,nilai);
nilai:=-(p*u*kb)+(r*s*kd);                 isiK(1,n2,6,n2,nilai);

{8} nilai:=-(m*n*k)-(p*q*ka)-(s*t*ke);      isiK(2,n2,1,n1,nilai);
nilai:=-(n*n*k)-(q*q*ka)-(t*t*ke);         isiK(2,n2,2,n1,nilai);
nilai:=-(n*o*k)-(q*r*ka)-(t*u*ke);         isiK(2,n2,3,n1,nilai);
nilai:=-(q*s*kb)+(p*t*kd);                 isiK(2,n2,4,n1,nilai);
nilai:= q*t*(kd-kb);                        isiK(2,n2,5,n1,nilai);
nilai:=-(q*u*kb)+(r*t*kd);                 isiK(2,n2,6,n1,nilai);
nilai:= (m*n*k)+(p*q*ka)+(s*t*ke);         isiK(2,n2,1,n2,nilai);
nilai:= (n*n*k)+(q*q*ka)+(t*t*ke);         isiK(2,n2,2,n2,nilai);
nilai:= (n*o*k)+(q*r*ka)+(t*u*ke);         isiK(2,n2,3,n2,nilai);
nilai:=-(q*s*kb)+(p*t*kd);                 isiK(2,n2,4,n2,nilai);
nilai:= q*t*(kd-kb);                        isiK(2,n2,5,n2,nilai);
nilai:=-(q*u*kb)+(r*t*kd);                 isiK(2,n2,6,n2,nilai);

{9} nilai:=-(m*o*k)-(p*r*ka)-(s*u*ke);      isiK(3,n2,1,n1,nilai);
nilai:=-(n*o*k)-(q*r*ka)-(t*u*ke);         isiK(3,n2,2,n1,nilai);
nilai:=-(o*o*k)-(r*r*ka)-(u*u*ke);         isiK(3,n2,3,n1,nilai);
nilai:=-(r*s*kb)+(p*u*kd);                 isiK(3,n2,4,n1,nilai);
nilai:=-(r*t*kb)+(q*u*kd);                 isiK(3,n2,5,n1,nilai);
nilai:= r*u*(kd-kb);                        isiK(3,n2,6,n1,nilai);
nilai:= (m*o*k)+(p*r*ka)+(s*u*ke);         isiK(3,n2,1,n2,nilai);
nilai:= (n*o*k)+(q*r*ka)+(t*u*ke);         isiK(3,n2,2,n2,nilai);
nilai:= (o*o*k)+(r*r*ka)+(u*u*ke);         isiK(3,n2,3,n2,nilai);
nilai:=-(r*s*kb)+(p*u*kd);                 isiK(3,n2,4,n2,nilai);
nilai:=-(r*t*kb)+(q*u*kd);                 isiK(3,n2,5,n2,nilai);
nilai:= r*u*(kd-kb);                        isiK(3,n2,6,n2,nilai);

{10} nilai:= p*s*(kb-kd);                   isiK(4,n2,1,n1,nilai);
nilai:=-(p*t*kd)+(q*s*kb);                 isiK(4,n2,2,n1,nilai);
nilai:=-(p*u*kd)+(r*s*kb);                 isiK(4,n2,3,n1,nilai);
nilai:=-(m*m*ke)+(p*p*kg)+(s*s*ki);        isiK(4,n2,4,n1,nilai);
nilai:=-(m*n*ke)+(p*q*kg)+(s*t*ki);        isiK(4,n2,5,n1,nilai);
nilai:=-(m*o*ke)+(p*r*kg)+(s*u*ki);        isiK(4,n2,6,n1,nilai);
nilai:= p*s*(kd-kb);                       isiK(4,n2,1,n2,nilai);
nilai:= (p*t*kd)-(q*s*kb);                 isiK(4,n2,2,n2,nilai);
nilai:= (p*u*kd)-(r*s*kb);                 isiK(4,n2,3,n2,nilai);
nilai:= (m*m*ke)+(p*p*kf)+(s*s*kh);        isiK(4,n2,4,n2,nilai);
nilai:= (m*n*ke)+(p*q*kf)+(s*t*kh);        isiK(4,n2,5,n2,nilai);
nilai:= (m*o*ke)+(p*r*kf)+(s*u*kh);        isiK(4,n2,6,n2,nilai);

{11} nilai:=-(q*s*kd)+(p*t*kb);             isiK(5,n2,1,n1,nilai);
nilai:= q*t*(kb-kd);                       isiK(5,n2,2,n1,nilai);
nilai:=-(q*u*kd)+(r*t*kb);                 isiK(5,n2,3,n1,nilai);
nilai:=-(m*n*ke)+(p*q*kg)+(s*t*ki);        isiK(5,n2,4,n1,nilai);
nilai:=-(n*n*ke)+(q*q*kg)+(t*t*ki);        isiK(5,n2,5,n1,nilai);
nilai:=-(n*o*ke)+(q*r*kg)+(t*u*ki);        isiK(5,n2,6,n1,nilai);
nilai:= (q*s*kd)-(p*t*kb);                 isiK(5,n2,1,n2,nilai);

```



```

until eof(fconnect)=true;
closefile(fconnect);

FrmEditor.ProgressBar1.Position:=20;
t;

function ChekConstrain(nama : string;t1,t2,t3,t4 : integer) : boolean;
    ada : boolean;
    t1,t2 : integer;
    t3 : text;
begin
    assignfile(f3,nama+'.CST');
    reset(f3);
    ada:=false;
    repeat
        readln(f3,t1,t2);
        if ((t1=t1) and (t2=t2)) or ((t1=t3) and (t2=t4)) then
            ada:=true;
    until ada or (eof(f3)=true);
    ChekConstrain:=ada;
    closefile(f3);
end;

```

```

procedure PenguranganMatrix(nama : string);

```

```

var
    f1,f2 : text;
    t1,t2,t3,t4,i,j : integer;
    i,jj : integer;
    a : real;
begin
    AssignFile(f,nama+'.cs3');
    Rewrite(f);
    AssignFile(f1,nama+'.cs1');
    Reset(f1);
    Repeat
        Readln(f1,t1,t2);
        AssignFile(f2,nama+'.cs2');
        Reset(f2);
        Repeat
            Readln(f2,t3,t4);
            WriteLn(f,t1,' ',t2,' ',t3,' ',t4);
        Until eof(f2)=true;
        CloseFile(f2);
    Until eof(f1)=true;
    CloseFile(f1);Erase(f1);
    CloseFile(f);

```

```

{Melakukan Pemotongan Matriks K}
AssignFile(f,nama+'.cs3');
Reset(f);
For i:=1 to jp do begin
    For j:=1 to jp do
        Begin
            Readln(f,t1,t2,t3,t4);
            Kpotong[i,j]:=K[t1+((t2-1)*6),t3+((t4-1)*6)];
        end;

```

```

For jj:=1 to jest do Begin
  For ii:=1 to jm do begin
    i:=i+1;
    Readln(f1,t1,t2,t3,t4);
    a:=K[t1+((t2-1)*6),t3+((t4-1)*6)];
    Write(f,a,' ');
  end;
  Writeln(f,' ');
end;
CloseFile(f); CloseFile(f1);
;

function Node(nama : string) : integer;
f      : text;
tnod,tsim : integer;
t1,t2,t3 : real;
begin
  assignfile(f,nama+'.NOD');
  reset(f);
  tsim:=1;
  while eof(f)=false do
  begin
    readln(f,tnod,t1,t2,t3);
    if tnod<tsim then tsim:=tsim else tsim:=tnod;
  end;
  closefile(f);
  mode:=tsim;
;

procedure UrutEliminasi(jumlahnode : integer,nama : string);
i,j,k,l : integer;
      : text;
ada1,ada2 : boolean;
begin
  assignfile(f,nama+'.URT');
  rewrite(f);
  for i:=1 to jumlahnode do
  for j:=1 to 6 do
  begin
    ada1:=ChekConstrain(nama,j,i,j,i);
    if ada1=false then
    begin
      write(f,j,' ',' ');
      for k:=1 to jumlahnode do
      for l:=1 to 6 do
      begin
        ada2:=ChekConstrain(nama,l,k,l,k);
        if ada2=false then write(f,l,' ',' ');
      end;
      writeln(f,'0 0');
    end;
  end;
  closefile(f);
;

procedure EliminasiGauss(nama : string;var ordematrix : integer);
ii,ij : integer;

```

```

For i:=1 to jp do
  If i<>k then
    Begin
      dum2:=Kpotong[i,h];
      For j:=1 to jp do
        Begin
          InvK[i,j]:=InvK[i,j]-(dum2*InvK[k,j]);
          Kpotong[i,j]:=Kpotong[i,j]-(dum2*Kpotong[k,j]);
        end;
      end;
    end;
  ine(k);
end;

```

```

FrmEditor.ProgressBar1.Position:=60;

```

```

;

```

```

cedure SubstitusiMundur(nama : string;jumlahbaris : integer);
  i,j,k,t1,t2 : integer;
  f,f1 : text;
  a : real;
  ,m : integer;
  gin

```

```

  For i:=1 to jp do begin
    For j:=1 to jp do
      Begin
        Displ[i]:=(InvK[i,j]*Rpotong[j])+Displ[i];
      end;
    end;
  AssignFile(f,nama+'.cs2');
  Reset(f);
  AssignFile(f1,nama+'.DSP');
  Rewrite(f1);
  For k:=1 to jp do begin
    Begin
      Readln(f,t1,t2);
      a:=Displ[k];
      Writeln(f1,t1,' ',t2,' ',a);
    end;
  end;
  CloseFile(f); CloseFile(f1);
;

```

```

cedure BikinFileTDP(nama:string);
  fdpl,fdp : textfile;
  l,n2,pos1,pos2,jumlahnode,ii,jj,nd : integer;
  asil:real;
  in
  AssignFile(fdpl,nama+'.TDP');
  Rewrite(fdpl);
  jumlahnode:=node(nama);
  nd:=1;
  or ii:=1 to jumlahnode do
    Begin
      Write(fdpl,nd,' ');
      For jj:= 1 to 6 do

```

```

procedure BikinFileLokal(nama:string);
var f,f1,f2 : textfile;
    x1,y1,z1,x2,y2,z2,BJ,E,A,L,ka,kb,ke,kd,ke,kf,kg,kh,ki,k,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu : real;
    ne,n1,n2 : integer;
    du,dv,dw,tx,ty,tz : real;
    No : integer;
    bui,bvi,bwi,btxi,btyi,btzi,buj,bvj,bwj,btxj,btyj,btzj : real;
begin
    AssignFile(f,nama+'.CNT');
    Reset(f);
    AssignFile(f2,nama+'.LOK');
    Rewrite(f2);

    Repeat
        Readln(f,ne,n1,x1,y1,z1,n2,x2,y2,z2,BJ,E,A,L,ka,kb,ke,kd,ke,kf,
            kg,kh,ki,k,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu);
        AssignFile(f1,nama+'.TDP');
        Reset(f1);
        Repeat
            Readln(f1,No,du,dv,dw,tx,ty,tz);
            If No=n1 then
                Begin
                    bui:=m*du+n*dv+o*dw;
                    bvi:=p*du+q*dv+r*dw;
                    bwi:=s*du+t*dv+u*dw;
                    btxi:=m*tx+n*ty+o*tz;
                    btyi:=p*tx+q*ty+r*tz;
                    btzi:=s*tx+t*ty+u*tz;
                end;
            If No=n2 then
                Begin
                    buj:=m*du+n*dv+o*dw;
                    bvj:=p*du+q*dv+r*dw;
                    bwj:=s*du+t*dv+u*dw;
                    btxj:=m*tx+n*ty+o*tz;
                    btyj:=p*tx+q*ty+r*tz;
                    btzj:=s*tx+t*ty+u*tz;
                end;
        Until (eof(f1)=true);
        Writeln(f2,ne,' ',n1,' ',bui,' ',bvi,' ',bwi,' ',btxi,' ',btyi,' ',btzi,' ',n2,' ',buj,' ',bvj,' ',bwj,' ',btxj,' ',btyj,' ',btzj);
        CloseFile(f1);
    Until eof(f)=true;

    CloseFile(f);CloseFile(f2);
end;

```

```

procedure BikinFileHBT(nama:string);
var f : textfile;
    e,je,i,j : integer;
    : real;
begin
    je:=0;
    AssignFile(f,nama+'.CNT');
    Reset(f);

```

```

procedure BikinFileLokalHBT(nama:string);
var f,f1,f2 : textfile;
x1,y1,z1,x2,y2,z2,l3,l,E,A,L,ka,kb,ke,kd,ke,kf,kg,kh,ki,k,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu : real;
ne,n1,n2 : integer;
du1,dv1,dw1,tx1,ty1,tz1,du2,dv2,dw2,tx2,ty2,tz2 : real;
No : integer;
bui,bvi,bwi,btxi,btyi,btzi,buj,bvj,bwj,btxj,btyj,btzj : real;
begin
AssignFile(f,nama+'.CNT');
Reset(f);
AssignFile(f2,nama+'.LHB');
Rewrite(f2);

Repeat
  Readln(f,ne,n1,x1,y1,z1,n2,x2,y2,z2,BJ,E,A,L,ka,kb,ke,kd,ke,kf,
kg,kh,ki,k,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu);
  AssignFile(f1,nama+'.HBT');
  Reset(f1);
  Repeat
    Readln(f1,No,du1,dv1,dw1,tx1,ty1,tz1,du2,dv2,dw2,tx2,ty2,tz2);
    If No=ne then Begin
      bui:=m*du1+n*dv1+o*dw1;
      bvi:=p*du1+q*dv1+r*dw1;
      bwi:=s*du1+t*dv1+u*dw1;
      btxi:=m*tx1+n*ty1+o*tz1;
      btyi:=p*tx1+q*ty1+r*tz1;
      btzi:=s*tx1+t*ty1+u*tz1;
      buj:=m*du2+n*dv2+o*dw2;
      bvj:=p*du2+q*dv2+r*dw2;
      bwj:=s*du2+t*dv2+u*dw2;
      btxj:=m*tx2+n*ty2+o*tz2;
      btyj:=p*tx2+q*ty2+r*tz2;
      btzj:=s*tx2+t*ty2+u*tz2;
    end;
  Until (eof(f1)=true) or (no=ne);
  Writeln(f2,ne,' ',bui,' ',bvi,' ',bwi,' ',btxi,' ',btyi,' ',btzi,' ',buj,' ',bvj,' ',bwj,' ',btxj,' ',btyj,' ',btzj);
  CloseFile(f1);
Until eof(f)=true;

CloseFile(f);CloseFile(f2);
;

```

```

procedure BikinFileTeg(nama : string);
x1,y1,z1,x2,y2,z2,BJ,E,A,L,ka,kb,ke,kd,ke,kf,kg,kh,ki,k,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu,lz,ly,j,y,z,tt : real;
f1,f2,f3 : textfile;
e,n1,n2,no : integer;
AM1,AM2,AM3,AM4,AM5,AM6,AM7,AM8,AM9,AM10,AM11,AM12 : real;
l,u2,u3,u4,u5,u6,u7,u8,u9,u10,u11,u12 : real;
l,t2,t3,t4,t5,t6 : real;
n
.assignFile(f1,nama+'.GUE');
reset(f1);
.assignFile(f2,nama+'.CNT');
reset(f2);
.assignFile(f,nama+'.SGM');
rewrite(f);

```



```

If (y=z) and (tt<>0) then begin
  Writeln(f,ne,' ',AM7/A,' ',(2*AM8*(y-(0.5*tt))*(y-(0.5*tt))*tt)/(ly*tt),' ',(2*AM9*(y-(0.5*tt))*(y-(0.5*tt))*tt)/(ly*tt),'
*AM10)/J,' ',(z*AM11/ly),' ',(y*AM12)/Iz);
end;

{Tegangan Terbesar}
u1:=abs(AM1); u2:=abs(AM2); u3:=abs(AM3); u4:=abs(AM4); u5:=abs(AM5); u6:=abs(AM6);
u7:=abs(AM7); u8:=abs(AM8); u9:=abs(AM9); u10:=abs(AM10); u11:=abs(AM11); u12:=abs(AM12);

If (u1<u7) or (u1=u7) then begin t1:=AM7/A; end;
If u1>u7 then begin t1:=AM1/A; end;

If (u2>u8) or (u2=u8) then begin
  If y<>z then begin t2:=(3*AM2)/(2*A) end else t2:=(2*AM2*(y-(0.5*tt))*(y-(0.5*tt))*tt)/(ly*tt);
end;
If u2<u8 then begin
  If y<>z then begin t2:=(3*AM8)/(2*A) end else t2:=(2*AM8*(y-(0.5*tt))*(y-(0.5*tt))*tt)/(ly*tt);
end;

If (u3>u9) or (u3=u9) then begin
  If y<>z then begin t3:=(3*AM3)/(2*A); end else t3:=(2*AM3*(y-(0.5*tt))*(y-(0.5*tt))*tt)/(ly*tt);
end;
If u3<u9 then begin
  If y<>z then begin t3:=(3*AM9)/(2*A); end else t3:=(2*AM9*(y-(0.5*tt))*(y-(0.5*tt))*tt)/(ly*tt);
end;

If (u4>u10) or (u4=u10) then begin t4:=(y*AM4)/J; end;
If u4<u10 then begin t4:=(y*AM10)/J; end;

If (u5>u11) or (u5=u11) then begin t5:=(z*AM5/ly); end;
If u5<u11 then begin t5:=(z*AM11/ly); end;

If (u6>u12) or (u6=u12) then begin t6:=(y*AM6)/Iz; end;
If u6<u12 then begin t6:=(y*AM12)/Iz; end;

Writeln(f3,ne,' ',t1,' ',t2,' ',t3,' ',t4,' ',t5,' ',t6);
Until eof(f2)=true;
CloseFile(f);CloseFile(f1);CloseFile(f2);CloseFile(f3);
;

cedure BikinFileDGD(nama : string);
f,f1 : textfile;
io : integer;
v,w,tx,ty,tz : real;
in
assignFile(f,nama+'.TDP');
reset(f);
assignFile(f1,nama+'.DGD');
rewrite(f1);
repeat
  Readln(f,no,u,v,w,tx,ty,tz);
  Write(f1,u,' ',v,' ',w,' ',tx,' ',ty,' ',tz,' ');
until eof(f)=true;
loseFile(f);CloseFile(f1);

cedure BikinFileC_GiD(nama : string);

```

```

procedure BuatFileRTP(nama : string);
var
    k1, r1, d1, est : textfile;
    nilai, K, D, force : real;
    p1, p2, pos1, pos2, i, jumlahNode, wk : integer;
begin
    jumlahNode := Node(nama);
    wk := jumlahNode * 6;
    AssignFile(est, nama + '.CST');
    Reset(est);
    AssignFile(k1, nama + '.KGD');
    Reset(k1);
    AssignFile(r1, nama + '.RTP');
    Rewrite(r1);
    Repeat
        Readln(est, pos1, pos2);
        nilai := 0;
        i := 0;
        AssignFile(d1, nama + '.DGD');
        Reset(d1);
        Repeat
            i := i + 1;
            If i < wk then Begin
                Read(k1, K);
                Read(d1, D);
                nilai := nilai + (K * D);
            end;
            If i = wk then begin
                Readln(k1, K);
                Read(d1, D);
                nilai := nilai + (K * D);
            end;
        Until i = wk;
        AssignFile(rbp, nama + '.RBP');
        Reset(rbp);
        Repeat
            Readln(rbp, p1, p2, force);
            If (p1 = pos1) and (p2 = pos2) then goto 1;
        Until eof(rbp) = true;
        1: CloseFile(rbp);
        If (p1 = pos1) and (p2 = pos2) then begin
            Writeln(r1, pos1, ' ', pos2, ' ', nilai - force);
        end else begin Writeln(r1, pos1, ' ', pos2, ' ', nilai); end;
        CloseFile(d1);
    Until eof(est) = true;
    CloseFile(k1); CloseFile(r1); CloseFile(est);
end;

```

```

procedure BikinFileTRT(nama: string);
var
    ftrt, flrt : textfile;
    pos1, pos2, jumlahnode, ii, jj, nd : integer;
    asil: real;
begin
    AssignFile(flrt, nama + '.TRT');
    Rewrite(flrt);
    jumlahnode := node(nama);

```

```

end;
CloseFile(f1rt);
t;

procedure BikinFileLDP(nama : string);
var f1,f2 : textfile;
ne,n1,n2,no : integer;
x1,y1,z1,x2,y2,z2,BJ,E,A,L,ka,kb,ke,kd,ke,kf,kg,kh,ki,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu:real;
du,dv,dw,tx,ty,tz : real;
ui,vi,wi,txi,tyi,tzi,uj,vj,wj,txj,tyj,tzj : real;
begin
AssignFile(f,nama+'.CNT');
Reset(f);
AssignFile(f1,nama+'.LDP');
Rewrite(f1);
Repeat
Readln(f,ne,n1,x1,y1,z1,n2,x2,y2,z2,BJ,E,A,L,ka,kb,ke,kd,ke,kf,kg,kh,ki,m,n,o,p,q,r,s,t,u,nu);
AssignFile(f2,nama+'.TDP');
Reset(f2);
Repeat
Readln(f2,no,du,dv,dw,tx,ty,tz);
If no=n1 then
Begin
ui:=du; vi:=dv; wi:=dw; txi:=tx; tyi:=ty; tzi:=tz;
end;
If no=n2 then
Begin
uj:=du; vj:=dv; wj:=dw; txj:=tx; tyj:=ty; tzj:=tz;
end;
Until eof(f2)=true;
Writeln(f1,n1,' ',ui,' ',vi,' ',wi,' ',txi,' ',tyi,' ',tzi,' ',n2,' ',uj,' ',vj,' ',wj,' ',txj,' ',tyj,' ',tzj);
CloseFile(f2);
Until eof(f)=true;
CloseFile(f);CloseFile(f1);
t;

```

```

cedure GayaUjungFilemen(nama : string);
var l;
f1,f2 : textfile;
o,qq,ne,n1,n2 : integer;
b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,aa,bb,cc,dd,ee,ff,gg,hh,ii,jj,kk,ll : real;
a,tb,tc,td,te,tf,tg,th,tj,tk,tl : real;
begin
assignFile(f1,nama+'.KLK');
reset(f1);
assignFile(f2,nama+'.LOK');
reset(f2);
assignFile(f1,nama+'.GUK');
rewrite(f1);
repeat
Readln(f1,no);
Readln(f2,ne,n1,aa,bb,cc,dd,ee,ff,n2,gg,hh,ii,jj,kk,ll);
Write(f1,ne,' ');
For qq:= 1 to 12 do
Begin
Readln(f1,a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l);
Write(f1,a*aa+b*bb+c*cc+d*dd+e*ee+f*ff+g*gg+h*hh+i*ii+j*jj+k*kk+l*ll,' ');

```

```

CloseFile(f2);
CloseFile(f1);
i;

procedure Lanjutan3ebanPindahan(nama : string);
var
  i : integer;
  f1,f2 : text;
  no1,no2,n1,n2 : integer;
  force : real;
begin
  AssignFile(f2,Nama+'.RBP');
  Rewrite(f2);
  AssignFile(f1,Nama+'.BAP');
  Reset(f1);
  Repeat
    Readln(f1,no1,no2,force);
    AssignFile(f,Nama+'.CST');
    Reset(f);
    Repeat
      Readln(f,n1,n2);
      If (n1=no1) and (n2=no2) then goto 1;
    Until eof(f)=true;
    1:CloseFile(f);
    If (n1=no1) and (n2=no2) then
      Begin
        Writeln(f2,n1,' ',n2,' ',force);
      end;
    Until eof(f1)=true;
  Closefile(f2); CloseFile(f1);
  i;

```

1.

```
unit USimpanKR;
```

```
interface
```

```
procedure BuatFileK;
procedure IsiK(ii,jj,kk,ll : integer;nilai : real);
procedure BuatFileR;
procedure IsiR>NamaFile:string;ii,jj:integer;nilai:real);
procedure IsiBAP(namaf:le:string;ii,jj:integer;nilai:real);
procedure IsiHEF>NamaFile:string;ne,ii:integer;nilai:real);
```

```
implementation
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
Printers, StdCtrls, Menus, Buttons, ComCtrls, ToolWin, ExtCtrls, Abcbtn,
Abcpanel, Abclabel, UFemUtama;
```

```
procedure BuatFileK;
begin
    SetLength(K,(jm+1),(jm+1));
    SetLength(Kpotong,jp+1,jp+1);
    SetLength(lnvK,(jp+1),(jp+1));
    SetLength(Displ,jp+1);
end;

procedure IsiK(ii,jj,kk,ll : integer;nilai : real);
var a : real;
begin
    a:=K[ii+((jj-1)*6),kk+((ll-1)*6)];
    K[ii+((jj-1)*6),kk+((ll-1)*6)]:=a+nilai;
end;
```

```
procedure buatfileR;
begin
    SetLength(R,jm+1);
    SetLength(Bap,jm+1);
    SetLength(Rpotong,jp+1);
    SetLength(Hef,101,13);
end;
```

```
procedure IsiR(namaf:le : string;ii,jj : integer;nilai: real);
var a: real;
begin
    a:=R[ii+((jj-1)*6)];
    R[ii+((jj-1)*6)]:=a+nilai;
end;
```

```
procedure IsiBAP(namaf:le:string;ii,jj:integer;nilai:real);
var a: real;
begin
    a:=Bap[ii+((jj-1)*6)];
    Bap[ii+((jj-1)*6)]:=a+nilai;
end;
```

```
rocedure IsiHEF>NamaFile:string;ne,ii:integer;nilai:real);
var a: real;
```


Lampiran 3

```
unit UAbout;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  ComCtrls, ExtCtrls, StdCtrls, jpeg;
```

```
type
  TFormAbout = class(TForm)
    Timer1: TTimer;
    Image1: TImage;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Bevel1: TBevel;
    FreeRes: TLabel;
    PhysMem: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label1: TLabel;
    Label7: TLabel;
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure FormActivate(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
```

```
var
  FormAbout: TFormAbout;
  Image1 :TImage;
implementation
```

```
{ $R *.DFM }
```

```
procedure TFormAbout.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
  if Image1.Width < 100 then
  begin
    Image1.Width := Image1.Width + 1;
    Image1.Height := Image1.Height + 2;
    Image1.Left := 14;
    Image1.Top := 14;
  end;
end;
```

```
procedure TFormAbout.FormActivate(Sender: TObject);
begin
  Image1.Width := 1;
  Image1.Height := 1;
end;
```

```
procedure TFormAbout.FormCreate(Sender: TObject);
```

```
nit UInfo;
```

```
interface
```

```
ses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls;
```

```
pe
```

```
TFrmInfo = class(TForm)
```

```
Label1: TLabel;
```

```
Label2: TLabel;
```

```
Label3: TLabel;
```

```
NLXCoord: TEdit;
```

```
NLYCoord: TEdit;
```

```
NLZCoord: TEdit;
```

```
NodeCoord: TEdit;
```

```
Label4: TLabel;
```

```
private
```

```
{ Private declarations }
```

```
public
```

```
{ Public declarations }
```

```
end;
```

```
ar
```

```
FrmInfo: TFrmInfo;
```

```
mplementation
```

```
$R *.DFM;
```

```
ad.
```

```
nit UInfoElm;
```

```
interface
```

```
ses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls;
```

```
pe
```

```
TFrmInfoElm = class(TForm)
```

```
Label1: TLabel;
```

```
NLXCoord: TEdit;
```

```
private
```

```
{ Private declarations }
```

```
public
```

```
{ Public declarations }
```

```
end;
```

```
ar
```

```
FrmInfoElm: TFrmInfoElm;
```

```
unit USplash;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,  
ExtCtrls, jpeg;
```

```
type
```

```
TFrmSplash = class(TForm)
```

```
  Image1: TImage;
```

```
  TimerSplash: TTimer;
```

```
  procedure TimerSplashTimer(Sender: TObject);
```

```
private
```

```
  { Private declarations }
```

```
public
```

```
  { Public declarations }
```

```
end;
```

```
var
```

```
  FrmSplash: TFrmSplash;
```

```
implementation
```

```
uses UEditor;
```

```
{ $R *.DFM }
```

```
procedure TFrmSplash.TimerSplashTimer(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
  FrmEditor.Height:=390;
```

```
  FrmEditor.Width:=540;
```

```
  FrmEditor.WindowState:=wsMaximized;
```

```
  TimerSplash.Enabled:=false;
```

```
  Close;
```

```
end;
```

```
end.
```

BebanLingk;

ce

ows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
 rls, AbcBtn, ExtCtrls, AbcPanel, jpeg, AbcExtl, ComCtrls, Math,
 on, fcImgBtn, fcShapeBtn, fcClearPanel, fcButtonGroup, AbcAtlab,
 bel, UBacaFile, UEditor, USimpanKR, UFemUtama;

```

BebanLingk = class(TForm)
Background2: TabcBackground;
gel1: TImage;
ge2: TImage;
speedPanel1: TabcSpeedPanel;
el2: TLabel;
Control1: TPageControl;
Sheet1: TTabSheet;
Sheet2: TTabSheet;
el1: TLabel;
el3: TLabel;
el4: TLabel;
el5: TLabel;
el11: TLabel;
el12: TLabel;
el13: TLabel;
angGel: TEdit;
giGel: TEdit;
odeGel: TEdit;
eNumber: TEdit;
TEdit;
TEdit;
alaman: TEdit;
el6: TLabel;
el7: TLabel;
el8: TLabel;
el17: TLabel;
el19: TLabel;
el20: TLabel;
icSpeedBtn3: TabcPicSpeedBtn;
el21: TLabel;
speedPanel3: TabcSpeedPanel;
speedPanel5: TabcSpeedPanel;
background5: TabcBackground;
icBtn1: TabcPicBtn;
speedPanel2: TabcSpeedPanel;
icBtn3: TabcPicBtn;
Sheet3: TTabSheet;
Sheet4: TTabSheet;
speedPanel6: TabcSpeedPanel;
el22: TLabel;
Image2: TabcImage;
el23: TLabel;
kBox1: TCheckBox;
kBox2: TCheckBox;
kBox3: TCheckBox;
  
```

```

el14: TLabel;
el15: TLabel;
el16: TLabel;
el18: TLabel;
el25: TLabel;
el26: TLabel;
el29: TLabel;
el30: TLabel;
el31: TLabel;
th2: TEdit;
el32: TLabel;
el33: TLabel;
el34: TLabel;
g: TEdit;
el35: TLabel;
el36: TLabel;
nis: TEdit;
el37: TLabel;
el38: TLabel;
el39: TLabel;
th3: TEdit;
el40: TLabel;
el41: TLabel;
utArus: TEdit;
el42: TLabel;
el43: TLabel;
el44: TLabel;
el45: TLabel;
utAngin: TEdit;
el46: TLabel;
el47: TLabel;
utGel: TEdit;
edure abcPicSpeedBtn3Click(Sender: TObject);
edure abcPicBtn1Click(Sender: TObject);
edure FormShow(Sender: TObject);
edure abcPicBtn3Click(Sender: TObject);
edure abcPicBtn4Click(Sender: TObject);
edure BtnConfirmClick(Sender: TObject);
edure abcMouseListener1Click(Sender: TObject);
edure abcMouseListener2Click(Sender: TObject);
edure abcMouseListener3Click(Sender: TObject);
e
ivate declarations }
;
blic declarations }

```

```

ebanLingk: TFrmBebanLingk;
nal : integer;
kenal2 :integer;
gk, hitungd, hitungHw : real;

```

mentation

DFM}


```

v,Uot : real;
gin, BJ,x3,y3,z3 : real;
,sudut : real;
T : array[1..3,1..3] of real;

ame:=FrmEditor.OpenDlg.FileName;
:=pos('.',FileName);
(FileName,posisi,4);
:=(kenal2)+1;

*PROGRAM HITUNG GAYA GELOMBANG*****}
genal=1 then Begin
PicBtn1.Enabled:=false;
Proses.Enabled:=false;

sialisasi TextBox}
h:=StrToFloat(Kedalaman.Text);
StrToFloat(TinggiGel.Text);
:=StrToFloat(PanjangGel.Text);
d:=StrToFloat(PeriodeGel.Text);
:=StrToFloat(C1.Text);
StrToFloat(C2.Text);
StrToFloat(WaveNumber.Text);
t:=StrToFloat(SudutGel.Text);

gd:=depth;
ghw:=H;

=(2*pi)/period;
:=6.0;

ncari harga wavenumber(k) dengan iterasi}
eat
:=(om*om)/(grav*(tanh(ka*depth)));
al:=ka;
a:=k;
l (k=kal);

gk:=k;

gnFile(f1,FileName+'.BA1');
nd(f1);

gnFile(f,FileName+'.BAL');
t(f);
at
theadln(f,ne,n1,x1,y1,z1,n2,x2,y2,z2,L,m,n,o,p,q,r,s,t,u,y,z,tt);

eriksa elemen melebihi kedalaman atau tidak}
(y1>depth) and (y2>depth)) or ((y1=depth) and (y2>depth)) or ((y1>depth) and (y2=depth)) then begin goto 1;end;
e=0 then begin goto 4; end;

T[1,1]:=m; InvT[1,2]:=p; InvT[1,3]:=s;
T[2,1]:=n; InvT[2,2]:=q; InvT[2,3]:=t;
T[3,1]:=o; InvT[3,2]:=r; InvT[3,3]:=u;

x1:=x2:=x3:=x4:=x5:=x6:=x7:=x8:=x9:=x10:=x11:=x12:=x13:=x14:=x15:=x16:=x17:=x18:=x19:=x20:=x21:=x22:=x23:=x24:=x25:=x26:=x27:=x28:=x29:=x30:=x31:=x32:=x33:=x34:=x35:=x36:=x37:=x38:=x39:=x40:=x41:=x42:=x43:=x44:=x45:=x46:=x47:=x48:=x49:=x50:=x51:=x52:=x53:=x54:=x55:=x56:=x57:=x58:=x59:=x60:=x61:=x62:=x63:=x64:=x65:=x66:=x67:=x68:=x69:=x70:=x71:=x72:=x73:=x74:=x75:=x76:=x77:=x78:=x79:=x80:=x81:=x82:=x83:=x84:=x85:=x86:=x87:=x88:=x89:=x90:=x91:=x92:=x93:=x94:=x95:=x96:=x97:=x98:=x99:=x100:=x101:=x102:=x103:=x104:=x105:=x106:=x107:=x108:=x109:=x110:=x111:=x112:=x113:=x114:=x115:=x116:=x117:=x118:=x119:=x120:=x121:=x122:=x123:=x124:=x125:=x126:=x127:=x128:=x129:=x130:=x131:=x132:=x133:=x134:=x135:=x136:=x137:=x138:=x139:=x140:=x141:=x142:=x143:=x144:=x145:=x146:=x147:=x148:=x149:=x150:=x151:=x152:=x153:=x154:=x155:=x156:=x157:=x158:=x159:=x160:=x161:=x162:=x163:=x164:=x165:=x166:=x167:=x168:=x169:=x170:=x171:=x172:=x173:=x174:=x175:=x176:=x177:=x178:=x179:=x180:=x181:=x182:=x183:=x184:=x185:=x186:=x187:=x188:=x189:=x190:=x191:=x192:=x193:=x194:=x195:=x196:=x197:=x198:=x199:=x200:=x201:=x202:=x203:=x204:=x205:=x206:=x207:=x208:=x209:=x210:=x211:=x212:=x213:=x214:=x215:=x216:=x217:=x218:=x219:=x220:=x221:=x222:=x223:=x224:=x225:=x226:=x227:=x228:=x229:=x230:=x231:=x232:=x233:=x234:=x235:=x236:=x237:=x238:=x239:=x240:=x241:=x242:=x243:=x244:=x245:=x246:=x247:=x248:=x249:=x250:=x251:=x252:=x253:=x254:=x255:=x256:=x257:=x258:=x259:=x260:=x261:=x262:=x263:=x264:=x265:=x266:=x267:=x268:=x269:=x270:=x271:=x272:=x273:=x274:=x275:=x276:=x277:=x278:=x279:=x280:=x281:=x282:=x283:=x284:=x285:=x286:=x287:=x288:=x289:=x290:=x291:=x292:=x293:=x294:=x295:=x296:=x297:=x298:=x299:=x300:=x301:=x302:=x303:=x304:=x305:=x306:=x307:=x308:=x309:=x310:=x311:=x312:=x313:=x314:=x315:=x316:=x317:=x318:=x319:=x320:=x321:=x322:=x323:=x324:=x325:=x326:=x327:=x328:=x329:=x330:=x331:=x332:=x333:=x334:=x335:=x336:=x337:=x338:=x339:=x340:=x341:=x342:=x343:=x344:=x345:=x346:=x347:=x348:=x349:=x350:=x351:=x352:=x353:=x354:=x355:=x356:=x357:=x358:=x359:=x360:=x361:=x362:=x363:=x364:=x365:=x366:=x367:=x368:=x369:=x370:=x371:=x372:=x373:=x374:=x375:=x376:=x377:=x378:=x379:=x380:=x381:=x382:=x383:=x384:=x385:=x386:=x387:=x388:=x389:=x390:=x391:=x392:=x393:=x394:=x395:=x396:=x397:=x398:=x399:=x400:=x401:=x402:=x403:=x404:=x405:=x406:=x407:=x408:=x409:=x410:=x411:=x412:=x413:=x414:=x415:=x416:=x417:=x418:=x419:=x420:=x421:=x422:=x423:=x424:=x425:=x426:=x427:=x428:=x429:=x430:=x431:=x432:=x433:=x434:=x435:=x436:=x437:=x438:=x439:=x440:=x441:=x442:=x443:=x444:=x445:=x446:=x447:=x448:=x449:=x450:=x451:=x452:=x453:=x454:=x455:=x456:=x457:=x458:=x459:=x460:=x461:=x462:=x463:=x464:=x465:=x466:=x467:=x468:=x469:=x470:=x471:=x472:=x473:=x474:=x475:=x476:=x477:=x478:=x479:=x480:=x481:=x482:=x483:=x484:=x485:=x486:=x487:=x488:=x489:=x490:=x491:=x492:=x493:=x494:=x495:=x496:=x497:=x498:=x499:=x500:=x501:=x502:=x503:=x504:=x505:=x506:=x507:=x508:=x509:=x510:=x511:=x512:=x513:=x514:=x515:=x516:=x517:=x518:=x519:=x520:=x521:=x522:=x523:=x524:=x525:=x526:=x527:=x528:=x529:=x530:=x531:=x532:=x533:=x534:=x535:=x536:=x537:=x538:=x539:=x540:=x541:=x542:=x543:=x544:=x545:=x546:=x547:=x548:=x549:=x550:=x551:=x552:=x553:=x554:=x555:=x556:=x557:=x558:=x559:=x560:=x561:=x562:=x563:=x564:=x565:=x566:=x567:=x568:=x569:=x570:=x571:=x572:=x573:=x574:=x575:=x576:=x577:=x578:=x579:=x580:=x581:=x582:=x583:=x584:=x585:=x586:=x587:=x588:=x589:=x590:=x591:=x592:=x593:=x594:=x595:=x596:=x597:=x598:=x599:=x600:=x601:=x602:=x603:=x604:=x605:=x606:=x607:=x608:=x609:=x610:=x611:=x612:=x613:=x614:=x615:=x616:=x617:=x618:=x619:=x620:=x621:=x622:=x623:=x624:=x625:=x626:=x627:=x628:=x629:=x630:=x631:=x632:=x633:=x634:=x635:=x636:=x637:=x638:=x639:=x640:=x641:=x642:=x643:=x644:=x645:=x646:=x647:=x648:=x649:=x650:=x651:=x652:=x653:=x654:=x655:=x656:=x657:=x658:=x659:=x660:=x661:=x662:=x663:=x664:=x665:=x666:=x667:=x668:=x669:=x670:=x671:=x672:=x673:=x674:=x675:=x676:=x677:=x678:=x679:=x680:=x681:=x682:=x683:=x684:=x685:=x686:=x687:=x688:=x689:=x690:=x691:=x692:=x693:=x694:=x695:=x696:=x697:=x698:=x699:=x700:=x701:=x702:=x703:=x704:=x705:=x706:=x707:=x708:=x709:=x710:=x711:=x712:=x713:=x714:=x715:=x716:=x717:=x718:=x719:=x720:=x721:=x722:=x723:=x724:=x725:=x726:=x727:=x728:=x729:=x730:=x731:=x732:=x733:=x734:=x735:=x736:=x737:=x738:=x739:=x740:=x741:=x742:=x743:=x744:=x745:=x746:=x747:=x748:=x749:=x750:=x751:=x752:=x753:=x754:=x755:=x756:=x757:=x758:=x759:=x760:=x761:=x762:=x763:=x764:=x765:=x766:=x767:=x768:=x769:=x770:=x771:=x772:=x773:=x774:=x775:=x776:=x777:=x778:=x779:=x780:=x781:=x782:=x783:=x784:=x785:=x786:=x787:=x788:=x789:=x790:=x791:=x792:=x793:=x794:=x795:=x796:=x797:=x798:=x799:=x800:=x801:=x802:=x803:=x804:=x805:=x806:=x807:=x808:=x809:=x810:=x811:=x812:=x813:=x814:=x815:=x816:=x817:=x818:=x819:=x820:=x821:=x822:=x823:=x824:=x825:=x826:=x827:=x828:=x829:=x830:=x831:=x832:=x833:=x834:=x835:=x836:=x837:=x838:=x839:=x840:=x841:=x842:=x843:=x844:=x845:=x846:=x847:=x848:=x849:=x850:=x851:=x852:=x853:=x854:=x855:=x856:=x857:=x858:=x859:=x860:=x861:=x862:=x863:=x864:=x865:=x866:=x867:=x868:=x869:=x870:=x871:=x872:=x873:=x874:=x875:=x876:=x877:=x878:=x879:=x880:=x881:=x882:=x883:=x884:=x885:=x886:=x887:=x888:=x889:=x890:=x891:=x892:=x893:=x894:=x895:=x896:=x897:=x898:=x899:=x900:=x901:=x902:=x903:=x904:=x905:=x906:=x907:=x908:=x909:=x910:=x911:=x912:=x913:=x914:=x915:=x916:=x917:=x918:=x919:=x920:=x921:=x922:=x923:=x924:=x925:=x926:=x927:=x928:=x929:=x930:=x931:=x932:=x933:=x934:=x935:=x936:=x937:=x938:=x939:=x940:=x941:=x942:=x943:=x944:=x945:=x946:=x947:=x948:=x949:=x950:=x951:=x952:=x953:=x954:=x955:=x956:=x957:=x958:=x959:=x960:=x961:=x962:=x963:=x964:=x965:=x966:=x967:=x968:=x969:=x970:=x971:=x972:=x973:=x974:=x975:=x976:=x977:=x978:=x979:=x980:=x981:=x982:=x983:=x984:=x985:=x986:=x987:=x988:=x989:=x990:=x991:=x992:=x993:=x994:=x995:=x996:=x997:=x998:=x999:=x1000:=x1001:=x1002:=x1003:=x1004:=x1005:=x1006:=x1007:=x1008:=x1009:=x1010:=x1011:=x1012:=x1013:=x1014:=x1015:=x1016:=x1017:=x1018:=x1019:=x1020:=x1021:=x1022:=x1023:=x1024:=x1025:=x1026:=x1027:=x1028:=x1029:=x1030:=x1031:=x1032:=x1033:=x1034:=x1035:=x1036:=x1037:=x1038:=x1039:=x1040:=x1041:=x1042:=x1043:=x1044:=x1045:=x1046:=x1047:=x1048:=x1049:=x1050:=x1051:=x1052:=x1053:=x1054:=x1055:=x1056:=x1057:=x1058:=x1059:=x1060:=x1061:=x1062:=x1063:=x1064:=x1065:=x1066:=x1067:=x1068:=x1069:=x1070:=x1071:=x1072:=x1073:=x1074:=x1075:=x1076:=x1077:=x1078:=x1079:=x1080:=x1081:=x1082:=x1083:=x1084:=x1085:=x1086:=x1087:=x1088:=x1089:=x1090:=x1091:=x1092:=x1093:=x1094:=x1095:=x1096:=x1097:=x1098:=x1099:=x1100:=x1101:=x1102:=x1103:=x1104:=x1105:=x1106:=x1107:=x1108:=x1109:=x1110:=x1111:=x1112:=x1113:=x1114:=x1115:=x1116:=x1117:=x1118:=x1119:=x1120:=x1121:=x1122:=x1123:=x1124:=x1125:=x1126:=x1127:=x1128:=x1129:=x1130:=x1131:=x1132:=x1133:=x1134:=x1135:=x1136:=x1137:=x1138:=x1139:=x1140:=x1141:=x1142:=x1143:=x1144:=x1145:=x1146:=x1147:=x1148:=x1149:=x1150:=x1151:=x1152:=x1153:=x1154:=x1155:=x1156:=x1157:=x1158:=x1159:=x1160:=x1161:=x1162:=x1163:=x1164:=x1165:=x1166:=x1167:=x1168:=x1169:=x1170:=x1171:=x1172:=x1173:=x1174:=x1175:=x1176:=x1177:=x1178:=x1179:=x1180:=x1181:=x1182:=x1183:=x1184:=x1185:=x1186:=x1187:=x1188:=x1189:=x1190:=x1191:=x1192:=x1193:=x1194:=x1195:=x1196:=x1197:=x1198:=x1199:=x1200:=x1201:=x1202:=x1203:=x1204:=x1205:=x1206:=x1207:=x1208:=x1209:=x1210:=x1211:=x1212:=x1213:=x1214:=x1215:=x1216:=x1217:=x1218:=x1219:=x1220:=x1221:=x1222:=x1223:=x1224:=x1225:=x1226:=x1227:=x1228:=x1229:=x1230:=x1231:=x1232:=x1233:=x1234:=x1235:=x1236:=x1237:=x1238:=x1239:=x1240:=x1241:=x1242:=x1243:=x1244:=x1245:=x1246:=x1247:=x1248:=x1249:=x1250:=x1251:=x1252:=x1253:=x1254:=x1255:=x1256:=x1257:=x1258:=x1259:=x1260:=x1261:=x1262:=x1263:=x1264:=x1265:=x1266:=x1267:=x1268:=x1269:=x1270:=x1271:=x1272:=x1273:=x1274:=x1275:=x1276:=x1277:=x1278:=x1279:=x1280:=x1281:=x1282:=x1283:=x1284:=x1285:=x1286:=x1287:=x1288:=x1289:=x1290:=x1291:=x1292:=x1293:=x1294:=x1295:=x1296:=x1297:=x1298:=x1299:=x1300:=x1301:=x1302:=x1303:=x1304:=x1305:=x1306:=x1307:=x1308:=x1309:=x1310:=x1311:=x1312:=x1313:=x1314:=x1315:=x1316:=x1317:=x1318:=x1319:=x1320:=x1321:=x1322:=x1323:=x1324:=x1325:=x1326:=x1327:=x1328:=x1329:=x1330:=x1331:=x1332:=x1333:=x1334:=x1335:=x1336:=x1337:=x1338:=x1339:=x1340:=x1341:=x1342:=x1343:=x1344:=x1345:=x1346:=x1347:=x1348:=x1349:=x1350:=x1351:=x1352:=x1353:=x1354:=x1355:=x1356:=x1357:=x1358:=x1359:=x1360:=x1361:=x1362:=x1363:=x1364:=x1365:=x1366:=x1367:=x1368:=x1369:=x1370:=x1371:=x1372:=x1373:=x1374:=x1375:=x1376:=x1377:=x1378:=x1379:=x1380:=x1381:=x1382:=x1383:=x1384:=x1385:=x1386:=x1387:=x1388:=x1389:=x1390:=x1391:=x1392:=x1393:=x1394:=x1395:=x1396:=x1397:=x1398:=x1399:=x1400:=x1401:=x1402:=x1403:=x1404:=x1405:=x1406:=x1407:=x1408:=x1409:=x1410:=x1411:=x1412:=x1413:=x1414:=x1415:=x1416:=x1417:=x1418:=x1419:=x1420:=x1421:=x1422:=x1423:=x1424:=x1425:=x1426:=x1427:=x1428:=x1429:=x1430:=x1431:=x1432:=x1433:=x1434:=x1435:=x1436:=x1437:=x1438:=x1439:=x1440:=x1441:=x1442:=x1443:=x1444:=x1445:=x1446:=x1447:=x1448:=x1449:=x1450:=x1451:=x1452:=x1453:=x1454:=x1455:=x1456:=x1457:=x1458:=x1459:=x1460:=x1461:=x1462:=x1463:=x1464:=x1465:=x1466:=x1467:=x1468:=x1469:=x1470:=x1471:=x1472:=x1473:=x1474:=x1475:=x1476:=x1477:=x1478:=x1479:=x1480:=x1481:=x1482:=x1483:=x1484:=x1485:=x1486:=x1487:=x1488:=x1489:=x1490:=x1491:=x1492:=x1493:=x1494:=x1495:=x1496:=x1497:=x1498:=x1499:=x1500:=x1501:=x1502:=x1503:=x1504:=x1505:=x1506:=x1507:=x1508:=x1509:=x1510:=x1511:=x1512:=x1513:=x1514:=x1515:=x1516:=x1517:=x1518:=x1519:=x1520:=x1521:=x1522:=x1523:=x1524:=x1525:=x1526:=x1527:=x1528:=x1529:=x1530:=x1531:=x1532:=x1533:=x1534:=x1535:=x1536:=x1537:=x1538:=x1539:=x1540:=x1541:=x1542:=x1543:=x1544:=x1545:=x1546:=x1547:=x1548:=x1549:=x1550:=x1551:=x1552:=x1553:=x1554:=x1555:=x1556:=x1557:=x1558:=x1559:=x1560:=x1561:=x1562:=x1563:=x1564:=x1565:=x1566:=x1567:=x1568:=x1569:=x1570:=x1571:=x1572:=x1573:=x1574:=x1575:=x1576:=x1577:=x1578:=x1579:=x1580:=x1581:=x1582:=x1583:=x1584:=x1585:=x1586:=x1587:=x1588:=x1589:=x1590:=x1591:=x1592:=x1593:=x1594:=x1595:=x1596:=x1597:=x1598:=x1599:=x1600:=x1601:=x1602:=x1603:=x1604:=x1605:=x1606:=x1607:=x1608:=x1609:=x1610:=x1611:=x1612:=x1613:=x1614:=x1615:=x1616:=x1617:=x1618:=x1619:=x1620:=x1621:=x1622:=x1623:=x1624:=x1625:=x1626:=x1627:=x1628:=x1629:=x1630:=x1631:=x1632:=x1633:=x1634:=x1635:=x1636:=x1637:=x1638:=x1639:=x1640:=x1641:=x1642:=x1643:=x1644:=x1645:=x1646:=x1647:=x1648:=x1649:=x1650:=x1651:=x1652:=x1653:=x1654:=x1655:=x1656:=x1657:=x1658:=x1659:=x1660:=x1661:=x1662:=x1663:=x1664:=x1665:=x1666:=x1667:=x1668:=x1669:=x1670:=x1671:=x1672:=x1673:=x1674:=x1675:=x1676:=x1677:=x1678:=x1679:=x1680:=x1681:=x1682:=x1683:=x1684:=x1685:=x1686:=x1687:=x1688:=x1689:=x1690:=x1691:=x1692:=x1693:=x1694:=x1695:=x1696:=x1697:=x1698:=x1699:=x1700:=x1701:=x1702:=x1703:=x1704:=x1705:=x1706:=x1707:=x1708:=x1709:=x1710:=x1711:=x1712:=x1713:=x1714:=x1715:=x1716:=x1717:=x1718:=x1719:=x1720:=x1721:=x1722:=x1723:=x1724:=x1725:=x1726:=x1727:=x1728:=x1729:=x1730:=x1731:=x1732:=x1733:=x1734:=x1735:=x1736:=x1737:=x1738:=x1739:=x1740:=x1741:=x1742:=x1743:=x1744:=x1745:=x1746:=x1747:=x1748:=x1749:=x1750:=x1751:=x1752:=x1753:=x1754:=x1755:=x1756:=x1757:=x1758:=x1759:=x1760:=x1761:=x1762:=x1763:=x1764:=x1765:=x1766:=x1767:=x1768:=x1769:=x1770:=x1771:=x1772:=x1773:=x1774:=x1775:=x1776:=x1777:=x1778:=x1779:=x1780:=x1781:=x1782:=x1783:=x1784:=x1785:=x1786:=x1787:=x1788:=x1789:=x1790:=x1791:=x1792:=x1793:=x1794:=x1795:=x1796:=x1797:=x1798:=x1799:=x1800:=x1801:=x1802:=x1803:=x1804:=x1805:=x1806:=x1807:=x1808:=x1809:=x1810:=x1811:=x1812:=x1813:=x1814:=x1815:=x1816:=x1817:=x1818:=x1819:=x1820:=x1821:=x1822:=x1823:=x1824:=x1825:=x1826:=x1827:=x1828:=x1829:=x1830:=x1831:=x1832:=x1833:=x1834:=x1835:=x1836:=x1837:=x1838:=x1839:=x1840:=x1841:=x1842:=x1843:=x1844:=x1845:=x1846:=x1847:=x1848:=x1849:=x1850:=x1851:=x1852:=x1853:=x1854:=x1855:=x1856:=x1857:=x1858:=x1859:=x1860:=x1861:=x1862:=x1863:=x1864:=x1865:=x1866:=x1867:=x1868:=x1869:=x1870:=x1871:=x1872:=x1873:=x1874:=x1875:=x1876:=x1877:=x1878:=x1879:=x1880:=x1881:=x1882:=x1883:=x1884:=x1885:=x1886:=x1887:=x1888:=x1889:=x1890:=x1891:=x1892:=x1893:=x1894:=x1895:=x1896:=x1897:=x1898:=x1899:=x1900:=x1901:=x1902:=x1903:=x1904:=x1905:=x1906:=x1907:=x1908:=x1909:=x1910:=x1911:=x1912:=x1913:=x1914:=x1915:=x1916:=x1917:=x1918:=x1919:=x1920:=x1921:=x1922:=x1923:=x1924:=x1925:=x1926:=x1927:=x1928:=x1929:=x1930:=x1931:=x1932:=x1933:=x1934:=x1935:=x1936:=x1937:=x1938:=x1939:=x1940:=x1941:=x1942:=x1943:=x1944:=x1945:=x1946:=x1947:=x1948:=x1949:=x1950:=x1951:=x1952:=x1953:=x1954:=x1955:=x1956:=x1957:=x1958:=x1959:=x1960:=x1961:=x1962:=x1963:=x1964:=x1965:=x1966:=x1967:=x1968:=x1969:=x1970:=x1971:=x1972:=x1973:=x1974:=x1975:=x1976:=x1977:=x1978:=x1979:=x1980:=x1981:=x1982:=x1983:=x1984:=x1985:=x1986:=x1987:=x1988:=x1989:=x1990:=x1991:=x1992:=x1993:=x1994:=x1995:=x1996:=x1997:=x1998:=x1999:=x2000:=x2001:=x2002:=x2003:=x2004:=x2005:=x2006:=x2007:=x2008:=x2009:=x2010:=x2011:=x2012:=x2013:=x2014:=x2015:=x2016:=x2017:=x2018:=x2019:=x2020:=x2021:=x2022:=x2023:=x2024:=x2025:=x2026:=x2027:=x2028:=x2029:=x2030:=x2031:=x2032:=x2033:=x2034:=x2035:=x2036:=x2037:=x2038:=x2039:=x2040:=x2041:=x2042:=x2043:=x2044:=x2045:=x2046:=x2047:=x2048:=x2049:=x2050:=x2051:=x2052:=x2053:=x2054:=x2055:=x2056:=x2057:=x2058:=x2059:=x2060:=x2061:=x2062:=x2063:=x2064:=x2065:=x2066:=x2067:=x2068:=x2069:=x2070:=x2071:=x2072:=x2073:=x2074:=x2075:=x2076:=x2077:=x2078:=x2079:=x2080:=x2081:=x2082:=x2083:=x2084:=x2085:=x2086:=x2087:=x2088:=x2089:=x2090:=x2091:=x2092:=x2093:=x2094:=x2095:=x2096:=x2097:=x2098:=x2099:=x2100:=x2101:=x2102:=x2103:=x2104:=x2105:=x2106:=x2107:=x2108:=x2109:=x2110:=x2111:=x2112:=x2113:=x2114:=x2115:=x2116:=x2117:=x2118:=x2119:=x2120:=x2121:=x2122:=x2123:=x2124:=x2125:=x2126:=x2127:=x2128:=x2129:=x2130:=x2131:=x2132:=x2133:=x2134:=x2135:=x2136:=x2137:=x2138:=x2139:=x2140:=x2141:=x2142:=x2143:=x2144:=x2145:=x2146:=x2147:=x2148:=x2149:=x2150:=x2151:=x2152:=x2153:=x2154:=x2155
```

```

Repeat
  carix:=(dl)+((H/2)*(cos((omt)-(k*lll))));
  carixlama:=lll;
  lll:=carix;
until (carix=carixlama);
xx1:=carix;
yy1:=depth+((H/2)*cos((omt)-(k*xx1)));
Ll:=(y1-yy1)/n;
zz1:=o*Ll;
nd;
if x1=x2 then begin
  yy1:=depth+((H/2)*cos((omt)-(k*xx1)));
  Ll:=(y1-yy1)/n;
  xx1:=m*Ll;
  zz1:=o*Ll;
nd;
d;

(y2>depth) then begin
  if x2<>x1 then begin
    l:=abs(xx1-xx2);
    l:=depth-lll;
  repeat
    carix:=(dl)+((H/2)*(cos((omt)-(k*lll))));
    carixlama:=lll;
    lll:=carix;
  until (carix=carixlama);
  xx2:=carix;
  yy2:=depth+((H/2)*cos((omt)-(k*xx2)));
  Ll:=(y2-yy2)/n;
  zz2:=o*Ll;
  nd;
  if x2=x1 then begin
    yy2:=depth+((H/2)*cos((omt)-(k*xx2)));
    Ll:=(y2-yy2)/n;
    xx2:=m*Ll;
    zz2:=o*Ll;
  nd;
  d;
};

:=xx1; y1:=yy1; z1:=zz1; x2:=xx2; y2:=yy2; z2:=zz2;
:=sqrt((sqr(x1-x2))+ (sqr(y1-y2))+ (sqr(z1-z2)));

adut-sudut}
:=sin(arccos(n))*cos(arccos(bid[ne,1]));
:=cos(arccos(n));
:=sin(arccos(n))*sin(arccos(bid[ne,1]));

cepatan partikel simpul i}
=((om*H/2)*((cosh(k*y1))/sinh(k*depth))*(cos((k*x1)-(omt))));
=((om*H/2)*((sinh(k*y1))/sinh(k*depth))*(sin((k*x1)-(omt))));
cepatan partikel simpul i}
:=((om*om*H/2)*((cosh(k*y1))/sinh(k*depth))*(sin((k*x1)-(omt))));
:=(-(((om*om*H/2)*((sinh(k*y1))/sinh(k*depth))*(cos((k*x1)-(omt))));

ater velocity normal simpul i}
:=sqrt((n1*u1)+(v1*v1)-(sqr((ox*u1)+(oy*v1))))

```

```

2:=((om*om*H)/2)*((cosh(k*y2))/sinh(k*depth))*(sin((k*x2)-(omt)));
2:=((om*om*H)/2)*((sinh(k*y2))/sinh(k*depth))*(cos((k*x2)-(omt)));

```

water velocity normal simpul j}

```

2:=sqrt((u2*u2)+(v2*v2)-(sqrt((cx*u2)+(cy*v2))));

```

```

2:=u2-(cx*((cx*u2)+(cy*v2)));

```

```

2:=v2-(cy*((cx*u2)+(cy*v2)));

```

```

2:=cz*((cx*u2)+(cy*v2));

```

normal water acceleration simpul j}

```

x2:=ax2-(cx*((cx*ax2)+(cy*ay2)));

```

```

y2:=ay2-(cy*((cx*ax2)+(cy*ay2)));

```

```

z2:=-(cz*((cx*ax2)+(cy*ay2)));

```

aya gelombang per unit panjang simpul j}

```

2:=(0.5*rho*Cdr*2*y*vv2*un2)+(rho*Ci*((pi*4*y*y)/4)*anx2);

```

```

2:=(0.5*rho*Cdr*2*y*vv2*vn2)+(rho*Ci*((pi*4*y*y)/4)*any2);

```

```

2:=(0.5*rho*Cdr*2*y*vv2*wn2)+(rho*Ci*((pi*4*y*y)/4)*anz2);

```

awa ke koordinat lokal untuk dijadikan beban simpul lokal}

```

1:=0;px2:=0;px3:=0;q1:=0;q2:=0;q3:=0;

```

```

:=0;cb:=0;cc:=0;cd:=0;cf:=0;ce:=0;cg:=0;

```

```

1:=0;px2:=0;px3:=0;q1:=0;q2:=0;q3:=0;

```

```

:=0;cb:=0;cc:=0;cd:=0;cf:=0;ce:=0;cg:=0;

```

```

s1:=(fx1*InvT[1,1])+(fy1*InvT[2,1])+(fz1*InvT[3,1]);

```

```

s2:=(fx2*InvT[1,1])+(fy2*InvT[2,1])+(fz2*InvT[3,1]);

```

```

nis='L'; px1:=0; px2:=L1; px3:=fxs1; q1:=fxs2;

```

```

b:=(px3-q1)/(px1-px2);

```

```

c:=px3-(cb*px1);

```

```

g:=1;

```

```

f:=(1/L);

```

```

tegral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);

```

```

fx1:=hasil;

```

```

g:=0;

```

```

f:=(1/L);

```

```

tegral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);

```

```

fx2:=hasil;

```

```

1:=0;px2:=0;px3:=0;q1:=0;q2:=0;q3:=0;

```

```

:=0;cb:=0;cc:=0;cd:=0;cf:=0;ce:=0;cg:=0;

```

```

1:=(fx1*InvT[1,2])+(fy1*InvT[2,2])+(fz1*InvT[3,2]);

```

```

2:=(fx2*InvT[1,2])+(fy2*InvT[2,2])+(fz2*InvT[3,2]);

```

```

nis='L'; px1:=0; px2:=L1; px3:=fys1; q1:=fys2;

```

```

:=-(px3-q1)/(px1-px2);

```

```

:=px3-(cb*px1);

```

```

g:=1;

```

```

:=-(3/(L*L));

```

```

i:=(2/(L*L*L));

```

```

tegral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);

```

```

y1:=hasil;

```

```

g:=0;

```

```

:=1;

```

```

:=-(2/L);

```

```

l:=(1/(L*L*L));

```

```

enis='L'; px1:=0; px2:=L1; px3:=fzs1; q1:=fzs2;
b:=(px3-q1)/(px1-px2);
c:=px3-(cb*px1);
g:=1;
e:=(3/(L*L));
d:=(2/(L*L*L));
integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,eg,hasil);
fz1:=hasil;
g:=0;
f:=1;
e:=(2/L);
d:=(1/(L*L));
integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,eg,hasil);
my1:=hasil;
g:=0;
f:=0;
e:=(3/(L*L));
d:=(2/(L*L*L));
integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,eg,hasil);
fz2:=hasil;
g:=0;
f:=0;
e:=(1/L);
d:=(1/(L*L));
integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,eg,hasil);
my2:=hasil;

```

Beban simpul Global Simpan dalam file)

```

iii=1 then begin
writeln(f1,n1,'n1','l','g','(m*hfx1)+(p*hfy1)+(s*hfz1):13:8','(n*hfx1)+(q*hfy1)+(t*hfz1):13:8,'
x1)+(r*hfy1)+(u*hfz1):13:8','(p*hmy1)+(s*hmz1):13:8','(q*hmy1)+(t*hmz1):13:8','(r*hmy1)+(u*hmz1):13:8);
writeln(f1,n2,'n2','l','g','(m*hfx2)+(p*hfy2)+(s*hfz2):13:8','(n*hfx2)+(q*hfy2)+(t*hfz2):13:8,'
x2)+(r*hfy2)+(u*hfz2):13:8','(p*hmy2)+(s*hmz2):13:8','(q*hmy2)+(t*hmz2):13:8','(r*hmy2)+(u*hmz2):13:8);
nd;

iii=2 then begin

ileName,1,n1,cos(sudut)*(sqrt((sqrt((m*hfx1)+(p*hfy1)+(s*hfz1)))+(sqrt((n*hfx1)+(q*hfy1)+(t*hfz1)))+(sqrt((o*hfx1)
fy1)+(u*hfz1)))));

ileName,3,n1,sin(sudut)*(sqrt((sqrt((m*hfx1)+(p*hfy1)+(s*hfz1)))+(sqrt((n*hfx1)+(q*hfy1)+(t*hfz1)))+(sqrt((o*hfx1)
v1)+(u*hfz1)))));

ileName,6,n1,cos(sudut)*(sqrt((sqrt((p*hmy1)+(s*hmz1)))+(sqrt((q*hmy1)+(t*hmz1)))+(sqrt((r*hmy1)+(u*hmz1))))))

ileName,4,n1,sin(sudut)*(sqrt((sqrt((p*hmy1)+(s*hmz1)))+(sqrt((q*hmy1)+(t*hmz1)))+(sqrt((r*hmy1)+(u*hmz1))))))

ileName,1,n2,cos(sudut)*(sqrt((sqrt((m*hfx2)+(p*hfy2)+(s*hfz2)))+(sqrt((n*hfx2)+(q*hfy2)+(t*hfz2)))+(sqrt((o*hfx2)
y2)+(u*hfz2)))));

ileName,3,n2,sin(sudut)*(sqrt((sqrt((m*hfx2)+(p*hfy2)+(s*hfz2)))+(sqrt((n*hfx2)+(q*hfy2)+(t*hfz2)))+(sqrt((o*hfx2)
/2)+(u*hfz2)))));

ileName,6,n2,cos(sudut)*(sqrt((sqrt((p*hmy2)+(s*hmz2)))+(sqrt((q*hmy2)+(t*hmz2)))+(sqrt((r*hmy2)+(u*hmz2))))))

```

```

u2:=v2-(cy*((cx*u2)+(cy*v2)));
n2:=-cz*((cx*u2)+(cy*v2));

{gaya arus per unit panjang simpul j}
u2:=(0.5*rho*CDr*2*y*vv2*un2);
v2:=(0.5*rho*CDr*2*y*vv2*vn2);
w2:=(0.5*rho*CDr*2*y*vv2*wn2);

{Bawa ke ordinat lokal untuk dijadikan beban simpul lokal}
l1:=0;px2:=0;px3:=0;q1:=0;q2:=0;q3:=0;
r1:=0;cb:=0;cc:=0;cd:=0;cf:=0;ce:=0;cg:=0;

{Integralisasi}
s1:=(fx1*InvT[1,1])+(fy1*InvT[2,1])+(fz1*InvT[3,1]);
s2:=(fx2*InvT[1,1])+(fy2*InvT[2,1])+(fz2*InvT[3,1]);
enis:='L'; px1:=0; px2:=L1; px3:=fxs1; q1:=fys2;
b:=(px3-q1)/(px1-px2);
c:=px3-(cb*px1);
g:=1;
f:=(1/L);
integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
fx1:=hasil;
g:=0;
f:=(1/L);
integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
fx2:=hasil;

{Integralisasi}
l1:=0;px2:=0;px3:=0;q1:=0;q2:=0;q3:=0;
r1:=0;cb:=0;cc:=0;cd:=0;cf:=0;ce:=0;cg:=0;
s1:=(fx1*InvT[1,2])+(fy1*InvT[2,2])+(fz1*InvT[3,2]);
s2:=(fx2*InvT[1,2])+(fy2*InvT[2,2])+(fz2*InvT[3,2]);
enis:='L'; px1:=0; px2:=L1; px3:=fys1; q1:=fys2;
b:=(px3-q1)/(px1-px2);
c:=px3-(cb*px1);
g:=1;
e:=(3/(L*L));
d:=(2/(L*L*L));
integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
fy1:=hasil;
g:=0;
f:=1;
e:=(2/L);
d:=(1/(L*L));
integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
mz1:=hasil;
g:=0;
f:=0;
e:=(3/(L*L));
d:=(2/(L*L*L));
integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
fy2:=hasil;
g:=0;
f:=0;
e:=(1/L);
d:=(1/(L*L));
integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
mz2:=hasil;

```



```
f:=0;
e:=(3/(L*L));
d:=(2/(L*L));
integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
hfz2:=hasil;
g:=0;
f:=0;
e:=(1/L);
d:=(1/(L*L));
integral(jenis,px1,px2,px3,q1,q2,q3,ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,hasil);
hmy2:=hasil;
```

Beban simpul Global Simpan dalam file}

f iii=1 then begin

```
WriteLn(f1,n1,'',n1,'',l1,'',g1,'',(m*hfx1)+(p*hfy1)+(s*hfz1):13:8,'',(n*hfx1)+(q*hfy1)+(t*hfz1):13:8,'
fx1)+(r*hfy1)+(u*hfz1):13:8,'',(p*hmy1)+(s*hmz1):13:8,'',(q*hmy1)+(t*hmz1):13:8,'',(r*hmy1)+(u*hmz1):13:8);
WriteLn(f1,n2,'',n2,'',l1,'',g1,'',(m*hfx2)+(p*hfy2)+(s*hfz2):13:8,'',(n*hfx2)+(q*hfy2)+(t*hfz2):13:8,'
fx2)+(r*hfy2)+(u*hfz2):13:8,'',(p*hmy2)+(s*hmz2):13:8,'',(q*hmy2)+(t*hmz2):13:8,'',(r*hmy2)+(u*hmz2):13:8);
nd;
```

f iii=2 then begin

```
FileName,1,n1,cos(sudut)*(sqrt((sqrt((m*hfx1)+(p*hfy1)+(s*hfz1)))+(sqrt((n*hfx1)+(q*hfy1)+(t*hfz1)))+(sqrt((o*hfx1
fy1)+(u*hfz1))));
```

```
FileName,3,n1,sin(sudut)*(sqrt((sqrt((m*hfx1)+(p*hfy1)+(s*hfz1)))+(sqrt((n*hfx1)+(q*hfy1)+(t*hfz1)))+(sqrt((o*hfx1
y1)+(u*hfz1))));
```

```
FileName,6,n1,cos(sudut)*(sqrt((sqrt((p*hmy1)+(s*hmz1)))+(sqrt((q*hmy1)+(t*hmz1)))+(sqrt((r*hmy1)+(u*hmz1))));
```

```
FileName,4,n1,sin(sudut)*(sqrt((sqrt((p*hmy1)+(s*hmz1)))+(sqrt((q*hmy1)+(t*hmz1)))+(sqrt((r*hmy1)+(u*hmz1))));
```

```
FileName,1,n2,cos(sudut)*(sqrt((sqrt((m*hfx2)+(p*hfy2)+(s*hfz2)))+(sqrt((n*hfx2)+(q*hfy2)+(t*hfz2)))+(sqrt((o*hfx2
fy2)+(u*hfz2))));
```

```
FileName,3,n2,sin(sudut)*(sqrt((sqrt((m*hfx2)+(p*hfy2)+(s*hfz2)))+(sqrt((n*hfx2)+(q*hfy2)+(t*hfz2)))+(sqrt((o*hfx2
y2)+(u*hfz2))));
```

```
FileName,6,n2,cos(sudut)*(sqrt((sqrt((p*hmy2)+(s*hmz2)))+(sqrt((q*hmy2)+(t*hmz2)))+(sqrt((r*hmy2)+(u*hmz2))));
```

```
FileName,4,n2,sin(sudut)*(sqrt((sqrt((p*hmy2)+(s*hmz2)))+(sqrt((q*hmy2)+(t*hmz2)))+(sqrt((r*hmy2)+(u*hmz2))));
```

nd;

```
l eof(f)=true;
oseFile(f);CloseFile(f1);
```

*PROGRAM HITUNG GAYA ANGIN*****}

```
genal=3 then Begin
PicBtn4.Enabled:=false;
roses.Enabled:=false;
```

ialisasi TextBox1

```

vT[3,1]:=o; InvT[3,2]:=r; InvT[3,3]:=u;

x1:=x1; yy1:=y1; xx2:=x2; yy2:=y2; zz1:=z1; zz2:=z2;

(y1<depth) then begin
yy1:=depth;
L1:=(depth-y1)/n;
xx1:=m*L1;
zz1:=o*L1;
d;

(y2<depth) then begin
yy2:=depth;
L1:=(depth-y2)/n;
xx2:=m*L1;
zz2:=o*L1;
d;

:=yy1; x1:=xx1; z1:=zz1; x2:=xx2; y2:=yy2; z2:=zz2;
:=sqrt((sqrt(x1-x2))+sqrt(y1-y2))+sqrt(z1-z2));
pusat Beban}
:=m*(L1/2);
:=(y1+y2)/2;
:=o*(L1/2);

sudut-sudut}
:=sin(arccos(n))*cos(arccos(bid[ne,l]));
:=cos(arccos(n));
:=sin(arccos(n))*sin(arccos(bid[ne,l]));

kecepatan partikel pusat beban}
:=(Uangin*(exp((1/7)*ln((y3-Depth)/30)))));
:=0;

water velocity normal pusat beban}
l:=sqrt((u1*u1)+(v1*v1)-(sqrt((cx*u1)+(cy*v1))));

l:=u1-(cx*((cx*u1)+(cy*v1)));
l:=v1-(cy*((cx*u1)+(cy*v1)));
l1:=-cz*((cx*u1)+(cy*v1));

aya angin pada pusat beban - Cs=0.5}
l:=(0.5*(BJ/grav)*2*y*L*vv1*un1*0.5);
l:=(0.5*(BJ/grav)*2*y*L*vv1*vn1*0.5);
:=0.5*(BJ/grav)*2*y*L*vv1*wn1*0.5);

l:=(fx1*InvT[1,1])+(fy1*InvT[2,1])+(fz1*InvT[3,1]);
l:=(fx1*InvT[1,2])+(fy1*InvT[2,2])+(fz1*InvT[3,2]);
l:=(fx1*InvT[1,3])+(fy1*InvT[2,3])+(fz1*InvT[3,3]);

l:=L1/2; px2:=fxs1; px3:=0; q1:=0; q2:=0; q3:=0;
c1:=(L-px1/L)*px2;
:=2*(px1/L)*px2;

l:=L1/2; px2:=fys1; px3:=0; q1:=0; q2:=0; q3:=0;
l:=(1-((3*px1*px1)/(L*L)))+(2*px1*px1*px1/(L*L*L)))*px2;
z1:=(px1-((2*px1*px1)/L))+((px1*px1*px1)/(L*L))*px2;

```

```

FileName,1,n1,cos(sudut)*(sqrt((sqrt((m*hfx1)+(p*hfy1)+(s*hfz1)))+(sqrt((n*hfx1)+(q*hfy1)+(t*hfz1)))+(sqrt((o*hfx1
fy1)+(u*hfz1)))));

FileName,3,n1,sin(sudut)*(sqrt((sqrt((m*hfx1)+(p*hfy1)+(s*hfz1)))+(sqrt((n*hfx1)+(q*hfy1)+(t*hfz1)))+(sqrt((o*hfx1
fy1)+(u*hfz1)))));

FileName,6,n1,cos(sudut)*(sqrt((sqrt((p*hmy1)+(s*hmz1)))+(sqrt((q*hmy1)+(t*hmz1)))+(sqrt((r*hmy1)+(u*hmz1))))))

FileName,4,n1,sin(sudut)*(sqrt((sqrt((p*hmy1)+(s*hmz1)))+(sqrt((q*hmy1)+(t*hmz1)))+(sqrt((r*hmy1)+(u*hmz1))))))

FileName,1,n2,cos(sudut)*(sqrt((sqrt((m*hfx2)+(p*hfy2)+(s*hfz2)))+(sqrt((n*hfx2)+(q*hfy2)+(t*hfz2)))+(sqrt((o*hfx2
fy2)+(u*hfz2)))));

FileName,3,n2,sin(sudut)*(sqrt((sqrt((m*hfx2)+(p*hfy2)+(s*hfz2)))+(sqrt((n*hfx2)+(q*hfy2)+(t*hfz2)))+(sqrt((o*hfx2
fy2)+(u*hfz2)))));

FileName,6,n2,cos(sudut)*(sqrt((sqrt((p*hmy2)+(s*hmz2)))+(sqrt((q*hmy2)+(t*hmz2)))+(sqrt((r*hmy2)+(u*hmz2))))))

FileName,4,n2,sin(sudut)*(sqrt((sqrt((p*hmy2)+(s*hmz2)))+(sqrt((q*hmy2)+(t*hmz2)))+(sqrt((r*hmy2)+(u*hmz2))))))

nd;

x1:=(0.5*(BJ/grav)*2*y*L*vv1*un1*0.5);
x1:=L/2; px2:=fx1; px3:=0; q1:=0; q2:=0; q3:=0;
f iii=1 then begin
Writeln(f1,n1,' ',n1,' ',1,' ',1,' ',1,' ',(m*((L-px1)/L)*px2):13:8,' ',(n*((L-px1)/L)*px2):13:8,' ',(o*((L-px1)/L)*px2):13:8,'
','0',' ',0');
Writeln(f1,n2,' ',n2,' ',1,' ',1,' ',1,' ',(m*(px1/L)*px2):13:8,' ',(n*(px1/L)*px2):13:8,' ',(o*(px1/L)*px2):13:8,' ',0,' ',0');

nd;

f iii=2 then begin
IsiR(FileName,1,n1,(((L-px1)/L)*px2));
IsiR(FileName,1,n2,((px1/L)*px2));
nd;

l:=(0.5*(BJ/grav)*0.5*2*y*L*vv1*vn1*0.5);
x1:=L/2; px2:=fy1; px3:=0; q1:=0; q2:=0; q3:=0;
f iii=1 then begin
Writeln(f1,n1,' ',n1,' ',1,' ',1,' ',1,' ',((1-((3*px1*px1)/(L*L)))+(2*px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*p):13:8,' ',((1-
1*px1)/(L*L)))+(2*px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*q):13:8,' ',((1-
1*px1)/(L*L)))+(2*px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*r):13:8,' ',((px1-
1*px1)/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*s):13:8,' ',((px1-((2*px1*px1)/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*t):13:8,'
-((2*px1*px1)/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*u):13:8);
Writeln(f1,n2,' ',n2,' ',1,' ',1,' ',1,' ',(((3*px1*px1)/(L*L))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*p):13:8,'
px1*px1)/(L*L))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*q):13:8,' ',(((3*px1*px1)/(L*L))-
1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*r):13:8,' ',((-(px1*px1)/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*s):13:8,' ',((
1*px1)/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*t):13:8,' ',((-(px1*px1)/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*u):13:8);
nd;

f iii=2 then begin
IsiR(FileName,2,n1,((1-((3*px1*px1)/(L*L)))+(2*px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2));
IsiR(FileName,4,n1,(((px1-((2*px1*px1)/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*e));

```

```

1*px1*px1)/(L*L*L*L))) *px2*u):13:8,'',( -(px1*px1/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*p):13:8,'',( -(
px1/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*q):13:8,'',( -(px1*px1/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L))) *px2*r):13:8);
end;

```

f iii=2 then begin

```

IsiR(FileName,3,n1,((1-((3*px1*px1)/(L*L*L))+((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*L))) *px2));
{IsiR(FileName,4,n1,((px1-((2*px1*px1)/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L*L))) *px2*p));
IsiR(FileName,5,n1,((px1-((2*px1*px1)/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L*L))) *px2*q));
IsiR(FileName,6,n1,((px1-((2*px1*px1)/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L*L))) *px2*r));}
{IsiR(FileName,3,n2,(((3*px1*px1)/(L*L*L))-((2*px1*px1*px1)/(L*L*L*L*L))) *px2));
{IsiR(FileName,4,n2,(((px1*px1)/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L*L))) *px2*p));
IsiR(FileName,5,n2,(((px1*px1)/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L*L))) *px2*q));
IsiR(FileName,6,n2,(((px1*px1)/L)+((px1*px1*px1)/(L*L*L*L))) *px2*r));}
end;

```

```

1 eof(f)=true;
CloseFile(f),CloseFile(f1);

```

enal2=kenal then FrmBebanL.ingK.Close;

procedure TFrmBebanL.ingK.abcpicBtn1Click(Sender: TObject);

```

PageControl1.ActivePageIndex:=0; Pengenal:=1;
btnProses.Visible:=True;
btnProses.Enabled:=True;
bcPicBtn1.Font.Color:=$00400080;
bcPicBtn3.Font.Color:=$00464646;
bcPicBtn4.Font.Color:=$00464646;

```

procedure TFrmBebanL.ingK.FormShow(Sender: TObject);

```

FileName : string;
posisi : integer;
extfile;

```

FileName:=FrmEditor.OpenDlg.FileName;

```

:=pos('.',FileName);
(FileName,posisi,4);

```

```

enal:=0;
enal2:=0;

```

PageControl1.ActivePageIndex:=1;

```

bcPicBtn1.Enabled:=false;

```

```

bcPicBtn3.Enabled:=false;

```

```

bcPicBtn4.Enabled:=false;

```

```

btnProses.Visible:=false;

```

```

label22.Caption:=' Konfirmasi';

```

```

checkBox1.Enabled:=true; CheckBox1.Checked:=false;

```

```

checkBox2.Enabled:=true; CheckBox2.Checked:=false;

```

```

checkBox3.Enabled:=true; CheckBox3.Checked:=false;

```

```

btnConfirm.Visible:=true;

```

```

AssignFile(f,FileName+'.BA1');

```

```

rewrite(f);

```

```

CloseFile(f);

```



```

dure TFrmBebanLingk.BtnConfirmClick(Sender: TObject);

bcPicBtn1.Font.Color:=$00464646;
bcPicBtn3.Font.Color:=$00464646;
bcPicBtn4.Font.Color:=$00464646;
f CheckBox1.Checked=true then Begin AbcPicBtn1.Enabled:=true; kenal:=kenal+1; end;
f CheckBox2.Checked=true then Begin AbcPicBtn3.Enabled:=true; kenal:=kenal+1; end;
f CheckBox3.Checked=true then Begin AbcPicBtn4.Enabled:=true; kenal:=kenal+1; end;
f (CheckBox1.Checked=true) or (CheckBox2.Checked=true) or (CheckBox3.Checked=true) then Begin
Label22.Caption:='Konfirmasi OK';
CheckBox1.Enabled:=false;
CheckBox2.Enabled:=false;
CheckBox3.Enabled:=false;
BtnConfirm.Visible:=false;
nd;

```

```

dure TFrmBebanLingk.abcMouseLabel1Click(Sender: TObject);

f CheckBox1.Checked=false then CheckBox1.Checked:=true else CheckBox1.Checked:=false;

```

```

dure TFrmBebanLingk.abcMouseLabel2Click(Sender: TObject);

f CheckBox2.Checked=false then CheckBox2.Checked:=true else CheckBox2.Checked:=false;

```

```

dure TFrmBebanLingk.abcMouseLabel3Click(Sender: TObject);

f CheckBox3.Checked=false then CheckBox3.Checked:=true else CheckBox3.Checked:=false;

```